

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-211764

[ST.10/C]:

[JP2002-211764]

出 願 人

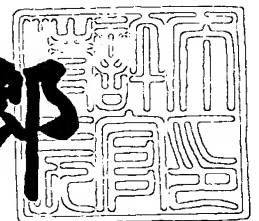
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3022009

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102131501

【提出日】 平成14年 7月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 6/00
B62D 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研究所内

 【氏名】 杉谷 伸夫

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研究所内

 【氏名】 河野 昌明

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研究所内

 【氏名】 鶴宮 修

【特許出願人】

 【識別番号】 000005326

 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064414

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 磯野 道造

 【電話番号】 03-5211-2488

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 015392

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9713945

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 タイヤの線形領域判定装置及びタイヤの線形領域判定プログラム、並びに車両の運転操作装置及びステアバイワイヤ車両の転舵制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の運転者が転舵操作する操作部の操作量を検出する操作量検出手段の検出値及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段の検出値に基づいて規範車両挙動を演算する規範車両挙動演算手段と、

前記演算した規範車両挙動と車両の実際の挙動を検出する車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を比較して、走行中の車両のタイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定するタイヤ領域判定手段と、

を備えたことを特徴とするタイヤの線形領域判定装置。

【請求項 2】

前記タイヤ領域判定手段は、

前記規範車両挙動と前記実車両挙動の偏差である車両挙動偏差を演算すると共に、この車両挙動偏差の変化率を演算する車両挙動偏差変化率演算部と、

前記車両挙動偏差或いは前記車両挙動偏差の変化率の符号と前記実車両挙動の符号とを比較する符号比較部と、

前記両符号が共にプラスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 1 所定値以上のとき、及び前記両符号が共にマイナスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 2 所定値以下のときに、それぞれ前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するタイヤ領域判定部と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のタイヤの線形領域判定装置。

【請求項 3】

走行中の車両のタイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定するため、コンピュータに、

運転者が転舵操作する操作部の操作量を検出する操作量検出手段が検出した操作量及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段が検出した実転舵量を入力するステップ、

前記入力した操作量及び／又は実転舵量に基づいて当該車両の規範車両挙動を演算するステップ、

車両の実際の挙動を検出する車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を入力するステップ、

前記演算した規範車両挙動と前記入力した実車両挙動との偏差である車両挙動偏差を演算するステップ、

前記車両挙動偏差の変化率を演算するステップ、

前記車両挙動偏差或いは前記車両挙動偏差の変化率の符号と前記実車両挙動の符号とを比較するステップ、

前記両符号が共にプラスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 1 所定値以上のときに前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するステップ、

前記両符号が共にマイナスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 2 所定値以下のときに前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するステップ、

を実行させることを特徴とするタイヤの線形領域判定プログラム。

【請求項 4】

車両の運転者が転舵操作する操作部と、

前記操作部の操作量を検出する操作量検出手段及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段と、

前記転舵輪を転舵駆動する転舵モータと、

少なくとも前記操作量検出手段が検出した操作量に基づいて前記転舵モータを制御する制御手段と、

車両の実際の挙動を示す実車両挙動を検出する車両挙動検出手段と、

請求項 1 又は請求項 2 に記載のタイヤの線形領域判定装置と、

前記タイヤの線形領域判定装置が走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定すると前記転舵輪の転舵量を戻す方向に前記転舵モータを駆動する転舵量戻し制御手段と、

を備えたことを特徴とする車両の運転操作装置。

【請求項 5】

車両の運転者が転舵操作する操作部と、
前記操作部に操作反力を与える反力モータと、
前記操作部の操作量を検出する操作量検出手段及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段と、
前記転舵輪を転舵駆動する転舵モータと、
少なくとも前記操作量検出手段が検出した操作量に基づいて前記転舵モータを制御する制御手段と、
車両の実際の挙動を示す実車両挙動を検出する車両挙動検出手段と、
請求項 1 又は請求項 2 に記載のタイヤの線形領域判定装置と、
前記タイヤの線形領域判定装置が走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定すると前記操作部を中立位置に戻す方向に前記反力モータを駆動する転舵量戻し制御手段と、
を備えたことを特徴とする車両の運転操作装置。

【請求項 6】

運転者が転舵操作する操作部と、転舵輪を駆動する転舵モータと、前記操作部に操作反力を与える反力モータを備えて、ステアバイワイヤにより転舵が行われるステアバイワイヤ車両の転舵制御方法であって、
運転者が転舵操作する操作部の操作量及び／又は車両の転舵輪の実転舵量に基づいて規範車両挙動を演算し、この演算した規範車両挙動と車両の実際の挙動を示す実車両挙動とを比較して走行中の車両のタイヤが非線形状態であると判定すると、制御装置が前記反力モータ及び／又は前記転舵モータを、前記実転舵量が減る方向に駆動すること、
を特徴とするステアバイワイヤ車両の転舵制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走行中の車両のタイヤの状態を判定するタイヤの線形領域判定装置及びタイヤの線形領域判定プログラム、並びにタイヤの状態の判定結果を利用し

た車両の運転操作装置及びステアバイワイヤ車両の転舵制御方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

車両の転舵装置は、前輪で転舵を行う転舵装置、後輪で転舵を行う転舵装置、ステアリング軸と転舵輪とが機械的に連結されて転舵を行う転舵装置、ステアバイワイヤ (Steer By Wire) で転舵を行う転舵装置等、種々のタイプがある。このうち、車両の挙動安定化を図るためにステアリング軸の舵角等、或いは転舵輪の転舵角 (ラック位置) 等から演算される規範ヨーレート (規範車両挙動) と、ヨーレートセンサ (車両挙動検出手段) 等で測定される実際の実ヨーレート (実車両挙動) とを比較して、それが一致するように転舵装置を制御するヨーレートフィードバック型のアクティブステア等が知られている。このようなアクティブステアを用いると、転舵装置側がヨーレートを安定させるように転舵 (転舵補助) するので、車両の安定化に有効である。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、規範ヨーレートよりも実ヨーレートが大きくなるような場合はよいが、アンダステアの場合や雪道等のように実ヨーレートが小さくしか出ないような場合であると、路面の滑り具合やタイヤの非線形モデル等を制御に反映しないと転舵装置が実ヨーレートをより規範ヨーレートに近付けようとさらに転舵角を増してしまいさらなるアンダステアを誘発してしまうことがあった。

ここで、路面の滑り具合を判定するには高価なセンサが必要である (例えば第5の車輪を設けるタイプのセンサ)。また、タイヤの非線形モデルは制御を複雑にする。また、これらの問題を勘案して、アンダステア側 (即ち規範ヨーレート > 実ヨーレート) ではアクティブステアを作用させないという手法も考えられるが、それでは基本的にアンダステアとなるような車両の場合にアクティブステアの効果が得にくく、また、アクティブステアを備えた意味が乏しくなる。

【 0 0 0 4 】

そこで、本発明の主たる課題は、走行中の車両のタイヤの状態を一般的なセンサを用いて、また、比較的簡単に判定することのできるタイヤの線形領域判定装

置及びタイヤの線形領域判定プログラムを提供すること、また、その判定結果を利用して車両を制御する車両の運転操作装置及びステアバイワイヤ車両の転舵制御方法を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記課題に鑑み本発明者らは鋭意研究を行い、規範車両挙動（規範ヨーレート）と実車両挙動（実ヨーレート）を比較することでタイヤが非線形領域にあるか、非線形領域にあるかを判定できることに着目し、本発明を完成するに至った。また、本発明者らは、アンダステアであっても、走行中の車両のタイヤが線形領域であれば転舵角（転舵量）を増しても、増した方向（レバーの傾動を増した方向／ステアリングホイールを切り増した方向）に車両をさらに向かせることができるが、タイヤが非線形領域であれば実転舵量を増しても、車両はアンダステアの状況が改善されないか、よりアンダステアになることに着目し、本発明を完成するに至った。

【 0 0 0 6 】

【タイヤの線形領域判定装置】

即ち、前記課題を解決した本発明のタイヤの線形領域判定装置（請求項 1）は、車両の運転者が転舵操作する操作部の操作量を検出する操作量検出手段の検出値及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段の検出値に基づいて規範車両挙動を演算する規範車両挙動演算手段と、前記演算した規範車両挙動と車両の実際の挙動を検出する車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を比較して、走行中の車両のタイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定するタイヤ領域判定手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

この構成によれば、操作量検出手段か転舵量検出手段の少なくとも一方の検出値から規範車両挙動を演算し、これと車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を比較して、タイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定する。車両挙動は、後記する発明の実施の形態ではヨーレートに相当するが横加速でも達成できる。必要とされるセンサ類は、操作量検出手段及び／又は転舵量検出手段

、車両挙動検出手段であるが、これらは汎用的なセンサであることから安価に入手することができる。或いは、これらのセンサの全部又は一部は既に多くの車両に備えられており、それを流用することができる。なお、タイヤの非線形領域では、転舵角（転舵量）を増やしても車両は例えば曲がらない状態、或いはアンダステアが増す状態にある。一方、タイヤの線形領域では、転舵角を増せば増した方向に車両は曲がる状態にある。

【 0 0 0 8 】

また、本発明（請求項 2）は、請求項 1 の構成において、前記タイヤ領域判定手段は、前記規範車両挙動と前記実車両挙動の偏差である車両挙動偏差を演算すると共に、この車両挙動偏差の変化率を演算する車両挙動偏差変化率演算部と、前記車両挙動偏差或いは前記車両挙動偏差の変化率の符号と前記実車両挙動の符号とを比較する符号比較部と、前記両符号が共にプラスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 1 所定値以上のとき、及び前記両符号が共にマイナスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第 2 所定値以下のときに、それぞれ前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するタイヤ領域判定部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

車両挙動偏差の変化率の符号（プラス／マイナス）と実車両挙動の符号（プラス／マイナス）の双方が「プラス」で一致した場合は、車両挙動偏差の変化率が第 1 所定値以上のときに、走行中の車両のタイヤが非線形状態にあると判定する。逆に、「マイナス」で一致した場合は、車両挙動偏差の変化率が第 2 所定値以下のときに、走行中の車両のタイヤが非線形状態にあると判定する。つまり、この条件を満たす場合は、転舵の意思に反して実車両挙動が増加していないと判断できるので、或いは転舵輪を転舵しているにもかかわらず実車両挙動が増加（規範車両挙動に充分追従）していないと判断できるので、タイヤが非線形領域にあると判定する。

【 0 0 1 0 】

〔タイヤの線形領域判定プログラム〕

また、前記課題を解決した本発明のタイヤの線形領域判定プログラム（請求項

3) は、走行中の車両のタイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定するため、コンピュータに、次のステップを実行させることを特徴とする。

即ち、(1) 運転者が転舵操作する操作部の操作量を検出する操作量検出手段が検出した操作量及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段が検出した実転舵量を入力するステップ、(2) 前記入力した操作量及び／又は実転舵量に基づいて当該車両の規範車両挙動を演算するステップ、(3) 車両の実際の挙動を検出する車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を入力するステップ、(4) 前記演算した規範車両挙動と前記入力した実車両挙動との偏差である車両挙動偏差を演算するステップ、(5) 前記車両挙動偏差の変化率を演算するステップ、(6) 前記車両挙動偏差或いは前記車両挙動偏差の変化率の符号と前記実車両挙動の符号とを比較するステップ、(7) 前記両符号が共にプラスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第1所定値以上のときに前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するステップ、(8) 前記両符号が共にマイナスである場合は、前記車両挙動偏差の変化率が第2所定値以下のときに前記走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定するステップ、をコンピュータに実行させる。

【0011】

コンピュータのCPUがメモリに記録されたタイヤの線形領域判定プログラムを読み出し、各ステップを実行することにより、各ステップが持つ機能をコンピュータ上に実現する。即ち、操作量検出手段か転舵量検出手段の少なくとも一方の検出値から規範車両挙動を演算し、これと車両挙動検出手段が検出した実車両挙動を比較(符号の判定等)して、タイヤが線形領域及び／又は非線形領域にあるか否かを判定する。このプログラムは、記憶媒体に記憶されて流通されたり、ネットワーク上を伝送されたりする。

【0012】

〔車両の運転操作装置〕

前記課題を解決した本発明の車両の運転操作装置(請求項4)は、車両の運転者が転舵操作する操作部と、前記操作部の操作量を検出する操作量検出手段及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段と、前記転舵輪を転舵

駆動する転舵モータと、少なくとも前記操作量検出手段が検出した操作量に基づいて前記転舵モータを制御する制御手段と、車両の実際の挙動を示す実車両挙動を検出する車両挙動検出手段と、請求項 1 又は請求項 2 に記載のタイヤの線形領域判定装置と、前記タイヤの線形領域判定装置が走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定すると前記転舵輪の転舵量を戻す方向に前記転舵モータを駆動する転舵量戻し制御手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この構成では、タイヤが非線形領域にあると実転舵量を戻す方向に転舵モータが駆動される。この際、転舵モータを駆動して実際に実転舵量を戻してもよいし、また実転舵量を戻さないものの運転者の転舵（操作部の操作量）の切り増しを阻止するように転舵モータを駆動してもよい。なお、転舵モータは、運転者の手動転舵力を補助する電動パワーステアリング装置のアシストモータ的なものでもよい。

【 0 0 1 4 】

また、前記課題を解決した本発明の車両の運転操作装置（請求項 5）は、車両の運転者が転舵操作する操作部と、前記操作部に操作反力を与える反力モータと、前記操作部の操作量を検出する操作量検出手段及び／又は車両の転舵輪の実転舵量を検出する転舵量検出手段と、前記転舵輪を転舵駆動する転舵モータと、少なくとも前記操作量検出手段が検出した操作量に基づいて前記転舵モータを制御する制御手段と、車両の実際の挙動を示す実車両挙動を検出する車両挙動検出手段と、請求項 1 又は請求項 2 に記載のタイヤの線形領域判定装置と、前記タイヤの線形領域判定装置が走行中の車両のタイヤが非線形領域にあると判定すると前記操作部を中立位置に戻す方向に前記反力モータを駆動する転舵量戻し制御手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この構成では、タイヤが非線形領域にあると操作部を中立位置に戻す方向に反力モータが駆動される。この際、実際に操作量を戻すように反力モータを駆動してもよいし、運転者の転舵（操作部の操作量）の切り増しを阻止するように反力モータを駆動してもよい。なお、タイヤが非線形領域になる前から操作部を中立

位置に戻す方向に反力モータが駆動されている場合は、さらに中立位置に戻す方向の力を大きくする制御とすることができる。

【 0 0 1 6 】

〔 S B W 車両の転舵制御方法 〕

また、前記課題を解決した本発明のステアバイワイヤ車両の転舵制御方法（請求項 6）は、運転者が転舵操作する操作部と、転舵輪を駆動する転舵モータと、前記操作部に操作反力を与える反力モータを備えて、ステアバイワイヤにより転舵が行われるステアバイワイヤ車両の転舵制御方法であって、運転者が転舵操作する操作部の操作量及び／又は車両の転舵輪の実転舵量に基づいて規範車両挙動を演算し、この演算した規範車両挙動と車両の実際の挙動を示す実車両挙動とを比較して走行中の車両のタイヤが非線形状態であると判定すると、制御装置が前記反力モータ及び／又は前記転舵モータを、前記実転舵量が減る方向に駆動することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

この構成では、タイヤが非線形状態と判定されると、反力モータ及び／又は転舵モータは実転舵量が減る方向に駆動される。なお、実転舵量が減る方向とは、転舵輪が中立位置に戻る方向であるが、実際に実転舵量に戻すか否かは適宜設定できる。

【 0 0 1 8 】

〔 発明の実施の形態 〕

以下、本発明に係る実施形態のタイヤの線形領域判定装置（適宜「線形領域判定装置」という）及びタイヤの線形領域判定プログラム（適宜「線形領域判定プログラム」という）、並びに車両の運転操作装置（適宜「運転操作装置」という）及びステアバイワイヤ車両の転舵制御方法を、図面を参照して説明する。

【 0 0 1 9 】

〔 タイヤの線形領域・非線形領域 〕

本実施形態では、タイヤの線形領域判定は、実転舵角（実転舵量）から演算した規範ヨーレート（規範車両挙動）とヨーレートセンサで検出した実ヨーレート（実車両挙動）を比較することで、走行中の車両のタイヤが線形領域にあるか否

かを判定するが、まず、その判定原理等を説明する。なお、演算には、算出、計算、求める等の意味を含み、例えば、マップを用いる場合も演算に該当する。

【0020】

図1に、実転舵角とコーナリングパワーとの関係、及び規範ヨーレート（規範車両挙動）と実ヨーレート（実車両挙動）との関係を示す。この図1は、実転舵角が横軸にコーナリングパワーが縦軸に示してある（車速は一定であるとする）。実転舵角は実際の転舵輪の転舵角であるが、この実転舵角は、例えばラック位置センサで検出されるラック位置に基づいて演算される。コーナリングパワーは、いわばタイヤが路面を捉えるグリップ力である。なお、コーナリングパワーは車両に発生する横Gとも表現できる。

【0021】

この図1に示すように、転舵輪の実転舵角が大きくなると、それに比例してコーナリングパワーも増加するが、ある程度以上実転舵角が大きくなると実転舵角が大きくなってもそれに比例してコーナリングパワーが増加しなくなる。この比例部分がタイヤの線形領域であり、非比例部分がタイヤの非線形領域である。非線形領域ではグリップ力が低下する。

【0022】

この関係は、例えばラック位置センサの検出値に基づく実転舵角から演算される「規範ヨーレート」と、車両の挙動を検出するヨーレートセンサにより検出される「実ヨーレート」との関係にそのまま置き換えることができる。図1において、規範ヨーレートと実ヨーレートの比例部分（直線部分）がタイヤの線形領域であり、非比例部分がタイヤの非線形領域である。

【0023】

この図1において、規範ヨーレートのラインは、規範ヨーレートと実ヨーレートの理想的な関係（正比例の関係）を示している。また、実ヨーレート（a）のラインは、例えばタイヤが同じでも、路面 μ がやや低い路面での規範ヨーレートと実ヨーレートとの関係を示している。また、実ヨーレート（b）のラインは、例えばタイヤが同じでも、さらに路面 μ が低い路面での規範ヨーレートと実ヨーレートの関係を示している。

【 0 0 2 4 】

ここで、実ヨーレートと規範ヨーレートの差がヨーレート偏差である。つまり、図1では、規範ヨーレートのラインと実ヨーレート（a）のラインの偏差がヨーレート偏差である。同様に、規範ヨーレートのラインと実ヨーレート（b）のラインの偏差もヨーレート偏差である。ヨーレート偏差が大きいほどアンダステアは大きく生じ易い。

【 0 0 2 5 】

ただし、タイヤの線形領域ではアンダステアの状況であっても、運転者が操作部を操作して実転舵角を増やせば、実転舵角を増やした方向に車両を向かせることができる。一方、タイヤの非線形領域では同じアンダステアの状況でも、運転者が操作部を操作して実転舵角を増やしても車両をその方向に向けることができない状況、或いは困難な状況である。

【 0 0 2 6 】

なお、ヨーレート偏差の変化率（適宜「変化率」という）は、実際の車両では、時々刻々と変化する車両挙動（規範ヨーレート・実ヨーレート）から演算される。変化率は、例えばある時間 t_0 分におけるヨーレート偏差を $\Delta \gamma_0$ とし、それよりも後の時間 t_1 分におけるヨーレート偏差を $\Delta \gamma_1$ とすると、次の（式1）や（式2）で表される。

【 0 0 2 7 】

$$\cdot \text{変化率} = (\Delta \gamma_1 - \Delta \gamma_0) / \Delta \gamma_0 \quad \cdots \text{（式1）}$$

$$\cdot \text{変化率} = (\Delta \gamma_1 - \Delta \gamma_0) / (t_1 - t_0) \quad \cdots \text{（式2）}$$

【 0 0 2 8 】

また、偏差の変化率とは多少意味合いが異なるが、変化率は、比率を演算する次の（式3）でも表すことができる。

【 0 0 2 9 】

$$\cdot \text{変化率} = \gamma_1 / \gamma_0 \quad \cdots \text{（式3）}$$

【 0 0 3 0 】

このヨーレート偏差の変化率からは、車両挙動としてのアンダステアが大きくなる方に向かっているのか、小さくなる方に向かっているのか、大きくなるとす

れば、線形的に大きくなっているのか否か等の情報が得られる。また、ヨーレート偏差の変化率からは、車両の状態が、タイヤの線形領域に該当するのか、それとも非線形領域に該当するのか等の情報が得られる。

【 0 0 3 1 】

〔第 1 実施形態〕

続いて、本発明に係る第 1 実施形態の運転操作装置を説明する。

第 1 実施形態の運転操作装置は、実車両挙動検出手段としてのヨーレートセンサと実舵角検出手段としての転舵角センサの検出値を利用してタイヤの非線形領域を判定し、この判定結果に基づいて、非線形領域であるときは、転舵輪の実転舵量である実転舵角を戻す「転舵量戻し制御（転舵角戻し制御）」を行う。なお、この実施形態は、タイヤの線形領域判定装置、タイヤの線形領域判定プログラム、ステアバイワイヤ車両の転舵制御方法の実施形態を説明するものでもある。

【 0 0 3 2 】

（運転操作装置の構成）

第 1 実施形態の運転操作装置の構成を、図 2 を参照して説明する。

図 2 に示すように、この運転操作装置はステアバイワイヤを実現するものであり、操作部 1 はレバー 11 を備え、このレバー 11 の操作量を制御装置 4 で処理し、この処理結果に基づいて転舵機構部 2 のステアリングモータ 5 を駆動させて転舵輪 W、W を転舵する。この転舵輪 W、W を含めて車両のホイールには、ゴム製のタイヤが装着してある。

【 0 0 3 3 】

ここで、転舵輪 W、W の転舵は、ステアリングモータ 5 の回転をボールねじ機構 9 によってラック軸 7 の直線運動に変換し、単にそれをタイロッド 8、8 を介して転舵輪 W、W の転舵運動に変換する転舵機構部 2 により行われている。つまり、ラック軸 7 の直線運動は、従来のラックアンドピニオン機構の代わりとなるステアリングモータ 5 及びボールねじ機構 9 により行われている。なお、直線運動時のラック軸 7 の位置は転舵角センサ 10 により検出され、制御装置 4 にフィードバックされている。ちなみに転舵角センサ 10 は、ラック位置を検出することにより実転舵角を検出するラック位置センサであり、ラック軸 7 に沿って設け

られたリニアエンコーダやポテンショメータ等の公知のセンサが用いられ、複数のセンサを組み合わせることも可能である。ちなみに、この転舵角センサ 1 0 の出力も、制御装置 4 にて、後述する操作トルクセンサ 1 5 や操作角センサ 1 6 の出力と同様に処理される。

なお、図 2 の操作量検出手段 1 2 と操作反力モータ 1 9 については後で詳述する。

【 0 0 3 4 】

(操作部)

次に、操作部 1 を、図 3 を参照して説明する。

図 3 に示すように、操作部 1 は、運転者が操作するレバー 1 1 と、レバー 1 1 の操作量を検出する操作量検出手段 1 2 と、操作量検出手段 1 2 を保持するフレーム部 1 3 とを有している。

【 0 0 3 5 】

レバー 1 1 は、その上部を運転者が手で握って操作するもので、その下部にはロッド 1 4 の一端部 1 4 a が固定されている。ロッド 1 4 はレバー 1 1 と直交するように固定されており、フレーム部 1 3 の壁部 1 3 a, 1 3 b, 1 3 c, 1 3 d にベアリング等により軸支されている。これによりレバー 1 1 は、ロッド 1 4 を支軸として左右方向に回転するように傾動させて操作することが可能となっている。なお、以降において、ロッド 1 4 を支軸としてレバー 1 1 を右側に傾動させて転舵輪 W, W を右側に転舵させることを右転舵操作、ロッド 1 4 を支軸としてレバー 1 1 を左側に傾動させて転舵輪 W, W を左側に転舵させることを左転舵操作として説明する。

【 0 0 3 6 】

操作量検出手段 1 2 である操作トルクセンサ 1 5 及び操作角センサ 1 6 は、ロッド 1 4 の長手方向に沿って配置されている。

【 0 0 3 7 】

このうち、操作トルクセンサ 1 5 は、ひずみゲージ等を用いた公知のセンサからなり、レバー 1 1 にかかるトルク量を検出することで、操作開始時や、転舵輪 W, W の方向切り替え時（切り返し時）の応答性を向上させるものである。ここ

で、本実施形態の操作トルクセンサ15は0.1V～4.9Vのアナログで出力される。制御装置4を構成するCPU (Central Processing Unit) は、これをデジタルデータとして入力する。そして、所定値オフセットして、アナログ出力での2.5Vが0点になるようにする。つまり、制御装置4は、操作トルクセンサ15の出力を、レバー11を中立位置から右転舵操作すると値(検出値Ts)がプラスに、中立位置から左転舵操作すると値(検出値Ts)がマイナスになるようにした正負の値として処理する。これにより、制御装置4が認識する操作トルクセンサ15の出力特性は、図4に示すようなものになる。この操作トルクセンサ15からの出力(検出値Ts)は、後に説明するFF (Feed-Forward) 制御に用いられる。

【0038】

操作角センサ16は、レバー11の操作によるロッド14の回転角度を検出するポテンショメータから構成されている。操作角センサ16はレバー11の操作角を電圧値(検出値 θs)として出力するものである。制御装置4のCPUは、この操作角センサ16の出力も前記した操作トルクセンサ15の出力と同様に処理する。つまり、図5に示すように、レバー11が中立位置にあるときの基準電圧値が中立位置(0点)にされ、右転舵操作が行われると、レバー11の回転量に応じて検出値 θs が増大し、左転舵操作が行われると、レバー11の回転量に応じて検出値 θs が減少する。なお、この操作角センサ16からの出力(検出値 θs)は、制御装置4が転舵輪W、Wの実転舵角を設定するのに用いられる。

【0039】

さらに、ロッド14の他端部は、プーリ17を有しており、このプーリ17は、ベルト18を介して操作反力モータ19の回転軸に連結されている。

操作反力モータ19は、制御装置4からの信号を受けて、次に述べるセンタリング機構20と協働して、レバー11の位置、及び、操作方向に応じて、レバー11の操作方向(レバー11の動き)とは異なる向き及び所定の大きさの反力(操作反力)を発生させることで転舵操作の操作性及び精度を向上させる機能を有している。

【0040】

例えば、右転舵操作が行われている状態で、さらにレバー 1 1 が右側に押し込まれた場合は、センタリング機構 2 0 は右転舵操作の向きとは逆向きの操作反力を発生する。このとき、センタリング機構 2 0 はレバー 1 1 の操作量（操作角）が大きい程、大きな操作反力を発生させるので、運転者は現在の転舵角度や自己の操作量を反力の大きさ等により感知することができる。

なお、制御装置 4 が操作反力モータ 1 9 に、操作反力モータ制御信号出力部 4 0 と操作反力モータ駆動回路 4 1 を介して与える信号、操作反力モータ 1 9 がレバー 1 1 に与える反力については後ほど詳しく述べる。

【 0 0 4 1 】

レバー 1 1 と操作角センサ 1 6 との間にはレバー 1 1 を中立位置に戻すように付勢するセンタリング機構 2 0 が設けられている。センタリング機構 2 0 は、ロッド 1 4 に固定されたプレート 2 0 a と、プレート 2 0 a の左右の両端部のそれぞれにフックが引っ掛けられたセンタリングバネ 2 0 b、2 0 b とから構成されており、センタリングバネ 2 0 b、2 0 b の下側のフックはフレーム部 1 3 の底部 1 3 e に引っ掛けられている。従って、例えば、左転舵操作が行われたときは、図 4 中の手前側に位置するセンタリングバネ 2 0 b が延び、このセンタリングバネ 2 0 b に元の長さに戻ろうとする反力が発生するので、レバー 1 1 は中立位置に戻るよう付勢されることになる。また、レバー 1 1 を中立位置に戻す場合は、このセンタリングバネ 2 0 b の反力がレバー 1 1 の戻りをアシストする。なお、このセンタリングバネ 2 0 b を含むセンタリング機構 2 0 により、レバー 1 1 が自ずと中立位置に戻って都合がよい。

【 0 0 4 2 】

（制御装置）

次に、制御装置 4 を、図 1 ～図 7 を参照して説明する。

図 6 に制御装置 4 の内部構成を機能展開して示した機能ブロック図を示す。制御装置 4 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 及び所定の電気回路を備えた ECU (電子制御装置) から構成され、図 6 に示すように、操作部 1 及び転舵機構部 2 (ステアリングモータ 5) とは信号伝達ケーブルであるハーネスを介して電氣的に連結

されている。なお、制御装置4のコンピュータに係る部分で取り扱われる信号は、全てデジタル化したデータ（制御量）や情報である。

【0043】

図6に示すように、制御装置4は、ステアリングモータ5の制御を行う転舵制御部31と、操作部1の操作反力モータ19の制御を行う操作反力制御部32とから構成されている。

【0044】

（転舵制御部）

転舵制御部31は、操作部1の操作角センサ16の検出値 θ_s を入力して運転者の行った操作部1の操作に対応する転舵輪W、Wの実転舵角の目標値（目標転舵角信号） θ_m を設定する目標転舵角設定部34と、実転舵角の目標値 θ_m と現在の実転舵角（実転舵角信号 θ_r ）とから両転舵角の偏差量（偏差量信号 Drs ）を演算する偏差演算部35と、偏差量信号 Drs に対応してステアリングモータ5を駆動させる出力信号 Ds （方向信号+PWM信号）を発生させるステアリングモータ制御信号出力部36と、この出力信号 Ds に基づいてステアリングモータ5を駆動させる電気回路であるステアリングモータ駆動回路37とから構成されている。

【0045】

目標転舵角設定部34は、操作角センサ16の検出値 θ_s をアドレスとしてマップ検索して目標転舵角を決定し、これに基づく目標転舵角信号 θ_m を出力する。つまり、本実施形態の運転操作装置は、レバー11の位置（操作角）に対応した転舵輪W、Wの位置（実転舵角）の制御を行うことを基本にする。

【0046】

偏差演算部35は、後記する非線形領域制御部45から入力した転舵戻し量信号 θ_b を目標転舵角信号 θ_m から減算する（減算目標転舵角）。さらに、偏差演算部35は、減算目標転舵角と転舵角センサ10で検出した現在の実転舵角信号 θ_r との偏差量を演算する。偏差量が「プラス」の値であれば右方向への転舵になり、偏差量が「マイナス」の値であれば左方向への転舵となる。偏差量は、転舵の方向（極性）と大きさをもった偏差量信号 Drs として後段に出力される。

なお、後記するように、転舵戻し量信号 θb は、通常状態、つまりタイヤの線形領域では 0 である。

【0047】

ステアリングモータ制御信号出力部 36 は、偏差量信号 $D r s$ に対して P (Proportional)、I (Integral)、及び、D (Differential) 処理を施した制御信号 $C s$ を演算し、後記する FF 制御の制御信号 $F c s$ と合成する。そして、その合成値の符号及び絶対値の大きさに応じた出力信号 $D s$ (方向信号 + PWM 信号) をステアリングモータ駆動回路 37 に出力する。なお、ステアリングモータ制御信号出力部 36 は、前記のような PID 機能を備えることで目標転舵角に対するラック軸 7 の移動の追従性を向上させている。

【0048】

転舵制御部 31 は、転舵操作における初期応答性を向上させるために、操作部 1 の操作トルクセンサ 15 のトルク検出値 $T s$ に基づいてステアリングモータ制御信号出力部 36 に制御信号 $F c s$ を出力することで FF 制御を行う FF 制御部 38 を備えている。これにより、操作の初期段階等のようにレバー 11 の操作量は少ないが、レバー 11 にかけられたトルクが大きい状態において、後に続くレバー 11 の操作量の増加に先駆けてラック軸 7 を移動させることができるので、転舵操作の応答性を向上させることができる。ここで、この制御信号 $F c s$ は、FF 制御部 38 内に用意されたトルク検出値 $T s$ とステアリングモータ 5 の駆動量とのマップに基づいて決定されている。もちろん、マップではなくゲインをトルク検出値 $T s$ に乗じることにより制御信号 $F c s$ を設定するようにしてもよい。

【0049】

(非線形領域制御部)

また、転舵制御部 31 は、タイヤの非線形領域でのさらなるアンダステアを防止するために、運転者の意思とは乖離して転舵量 W 、 W を中立位置方向に戻す非線形領域制御部 45 を備えている。

【0050】

図 7 に非線形領域制御部 45 の内部構成を機能展開して示した機能ブロック図

を示す。この図 7 に示すように、非線形領域制御部 4 5 は、規範ヨーレート演算部 4 5 1、ヨーレート偏差演算部 4 5 2、非線形領域判定部 4 5 3、転舵戻し量設定部 4 5 4 を含んで構成される。なお、この非線形領域制御部 4 5 は、請求項の「タイヤの線形領域判定装置」、「タイヤ領域判定手段」、「転舵量戻し制御手段」、「符号比較部」、「タイヤ領域判定部」等に相当する。

【0051】

規範ヨーレート演算部 4 5 1 は、転舵角センサ 1 0 で検出した実転舵角信号 θ_r と車速センサ 2 2 で検出した車速信号 V を入力し、所定の演算を行って規範ヨーレートを演算して規範ヨーレート信号 γ_s として後段に出力する。規範ヨーレート信号 γ_s は、ドライバの転舵意思を反映するものといえるが、この規範ヨーレート信号 γ_s は、実転舵角信号 θ_r ではなく、目標転舵角信号 θ_m に基づいて演算されるようにしてもよい。また、規範ヨーレート信号 γ_s は、マップに基づいて設定（演算）されるようにしてもよい。

【0052】

ヨーレート偏差演算部 4 5 2 は、規範ヨーレート演算部 4 5 1 の規範ヨーレート信号 γ_s と、ヨーレートセンサ 2 3 から実ヨーレート信号 γ_r を入力する。そして、規範ヨーレート信号 γ_s から実ヨーレート信号 γ_r を引いてヨーレート偏差を演算して、ヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ として出力する（図 1 参照）。なお、この場合、規範ヨーレート・実ヨーレート共に右方向が符号「プラス」、左方向が符号「マイナス」としている。

【0053】

非線形領域判定部 4 5 3 は、実ヨーレート信号 γ_r 及びヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ を入力する。また、所定時間間隔（例えば数十ミリ秒）ごとにヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ の前回値と今回値との差を演算すると共に、前記した所定時間間隔で除してヨーレート偏差変化率を演算する。

【0054】

また、非線形領域判定部 4 5 3 は、ヨーレート偏差変化率と実ヨーレート信号 γ_r の符号を比較する。その結果、符号が共に「プラス」の場合（ $\Delta \gamma$ 変化率 > 0 and $\gamma_r > 0$ ）は、ヨーレート偏差変化率が第 1 所定値以上か否かを判定す

る（第 1 所定値 > 0 ）。第 1 所定値以上の場合は、タイヤが非線形領域にあると判定（条件 1）して、非線形領域判定部 4 5 3 は、後段の転舵戻し量設定部 4 5 4 に転舵戻し量信号 θb の設定を指示するため、フラグ F に 1 を設定して出力する。同様に、符号が共に「マイナス」の場合（ $\Delta \gamma$ 変化率 < 0 and $\gamma r < 0$ ）も、前記したヨーレート偏差変化率が第 2 所定値以下か否かを判定する（第 2 所定値 < 0 ）。第 2 所定値以下の場合は、タイヤが非線形領域にあると判定（条件 2）して、非線形領域判定部 4 5 3 は、後段の転舵戻し量設定部 4 5 4 に転舵戻し量信号 θb の設定を指示するため、フラグ F に 1 を設定して出力する。なお、フラグ F が 1 の場合は転舵戻し量信号 θb の設定指示であり、フラグ F が 0 の場合は転舵戻し量信号 θb の設定解除指示である。通常時（前記した条件 1、条件 2 に該当しないとき）は、フラグ F には 0 が設定される。また、第 1・第 2 所定値は絶対値が同じであるが、この第 1・第 2 所定値は、転舵量戻し制御に入るための閾値、或いは不感帯としての意義を有する。

【 0 0 5 5 】

転舵戻し量設定部 4 5 4 は、ヨーレート偏差演算部 4 5 2 からヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ を入力すると共に、非線形領域判定部 4 5 3 からフラグ F を入力する。フラグ F が 1 の場合は、ヨーレート偏差量信号 $\Delta \gamma$ に所定のゲインを乗じて転舵戻し量（転舵戻し角度）を設定し、転舵戻し量信号 θb として後段の偏差演算部 3 5 に出力する。一方、フラグ F が 0 の場合は、転舵戻し量信号 θb を出力しないか、出力しても値は 0 にする。

【 0 0 5 6 】

これにより、タイヤが非線形領域にあると転舵輪 W, W を中立位置に戻す方向（実転舵角を 0 に近付ける方向）にステアリングモータ 5 が駆動される。ちなみに、転舵輪 W, W が中立位置に戻る方向に動くと、規範ヨーレート γr が小さくなるのでヨーレート偏差 $\Delta \gamma$ も小さくなり、アンダステアが解消される方向に向かう。

【 0 0 5 7 】

（操作反力制御部）

次に、操作反力制御部 3 2 を、図 6 と各種マップを示した図 8 ～図 1 1 を参照

して説明する。

操作反力制御部 3 2 は、操作部 1 の操作角センサ 1 6 の検出値 θ_s と偏差演算部 3 5 からの偏差量信号 $D r s$ と操作部 1 外に設けられた車速センサ 2 2 からの車速検出値（以下「車速」と省略する） V 及び操作トルクセンサ 1 5 のトルク検出値 $T s$ に基づいてレバー 1 1 に作用させる目標操作反力を決定する目標操作反力設定部 3 9 と、目標操作反力設定部 3 9 から出力される目標操作反力信号 $T m s$ を取得し、操作反力モータ 1 9 を駆動させるための制御信号 $M c s$ を出力する操作反力モータ制御信号出力部 4 0 と、制御信号 $M c s$ に基づいて操作反力モータ 1 9 を駆動させるための電気回路からなる操作反力モータ駆動回路 4 1 とから構成されている。

【 0 0 5 8 】

この操作反力制御部 3 2 のうち、本実施形態の目標操作反力設定部 3 9 は、仮想トーションバー制御による操作反力を設定する。このため、偏差演算部 3 5 から偏差量信号 $D r s$ を入力する。また、目標操作反力設定部 3 9 は、車速に応じて操作反力を設定して操作部 1 の操作が安定するようにする。このため、車速センサ 2 2 から車速 V を入力し、図 8 のマップにより仮想トーションバー制御の反力に乗じられる係数 $K 2$ を設定する（説明を省略するが係数 $K 1$ はセンタリングバネ 2 0 b の反力である）。なお、仮想トーションバー制御は、ステアバイワイヤ車両にあたかもトーションバー（ステアリング軸）があるかのように反力を発生させる制御である。

【 0 0 5 9 】

また、目標操作反力設定部 3 9 は、運転者がレバー 1 1 を早く操作すると操作反力を小さく設定し、運転者に素早いレバー 1 1 の操作が行えるようにする。このため、操作角センサ 1 6 から操作角の検出値 θ_s を入力し、これを微分して操作角速度 $S r v$ を演算する。そして、図 9 のマップにより仮想トーションバー制御の反力に乗じられる係数 $K 3$ を設定する。また、目標操作反力設定部 3 9 は、レバー 1 1 のセンタ位置付近で反力が小さくなるようにして、切り返し時の違和感を解消する。このため、操作角センサ 1 6 から操作角の検出値 θ_s を入力し、図 1 0 のマップにより仮想トーションバー制御の反力に乗じられる係数 $K 4$ を設

定する。また、目標操作反力設定部 3 9 は、運転者が力強くレバー 1 1 を操作すると操作反力を小さく設定し、運転者の意に添ったレバー 1 1 の操作が行えるようにする。このため、操作トルクセンサ 1 5 の検出値 T_s を入力し、図 1 1 のマップにより仮想トーシヨンバー制御の反力に乗じられる係数 K_5 を設定する。

【 0 0 6 0 】

そして、目標操作反力設定部 3 9 は、偏差信号 $D_r s$ に全ての係数 $K_2 \sim K_5$ を乗算して目標操作反力を設定し、目標操作反力信号 $T_m s$ として出力する。或いは、仮想トーシヨンバー制御の操作反力に係数 K_2 を乗じて反力量を設定すると共に、係数 $K_3 \sim K_5$ を乗じた別の反力量を設定し、両反力量を加算して目標操作反力を設定し、目標操作反力信号 $T_m s$ として出力する。操作反力モータ制御信号出力部 4 0 は目標操作反力信号 $T_m s$ を入力して操作反力モータ 1 9 を駆動制御させるための制御信号 $M_c s$ を出力する。操作反力モータ駆動回路 4 1 は、制御信号 $M_c s$ に基づいて操作反力モータ 1 9 を駆動させるための駆動信号 M_s を操作反力モータ 1 9 に出力する。

【 0 0 6 1 】

(動作説明)

次に、この車両の動作について、図面を参照して説明する。

まず、運転者がレバー 1 1 を中立位置から右側に転舵操作をした場合は、操作の初期段階には、レバー 1 1 の操作量は少ないが、レバー 1 1 に向けられたトルクが大きくなる。ここで、操作トルクセンサ 1 5 からのトルク検出値 T_s (正の出力値) が出力されるので、転舵制御部 3 1 の FF 制御部 3 8 がトルク検出値 T_s をアドレスとしてトルクマップを検索してステアリングモータ制御信号出力部 3 6 へ入力される制御信号 $F_c s$ を決定する。そして、この制御信号 $F_c s$ に基づいて、ラック軸 7 が直線運動し、レバー 1 1 の本格的な操作に先駆けてラック軸 7 が右側に移動し始める。

【 0 0 6 2 】

そして、レバー 1 1 の操作量 (検出値 θ_s) に基づいて、制御装置 4 が目標転舵角信号 θ_m を設定し、目標転舵角信号 θ_m からの現在の実転舵角信号 θ_r の偏差量 (偏差量信号 $D_r s$) を演算する。そして、この偏差量信号 $D_r s$ に基づい

てステアリングモータ制御信号出力部 3 6、ステアリングモータ駆動回路 3 7 が働いてステアリングモータ 5 が駆動し、ラック軸 7 を所定量だけ右側に移動する。これにより、転舵輪 W、W が転舵する。また、一方で、制御装置 4 の操作反力制御部 3 2 がこの偏差量信号 $D r s$ に応じてレバー 1 1 に作用させる操作反力を設定し、操作反力モータ 1 9 を駆動させて、レバー 1 1 に左向きに仮想トーションバー制御に基づいて設定した目標操作反力信号 $T m s$ に応じた操作反力を発生させる。この反力が、センタリング機構 2 0 が与えるレバー 1 1 の操作角に比例する反力と共にレバー 1 1 に左向きに加わる。

【 0 0 6 3 】

この状態においてレバー 1 1 をさらに右側に向けて操作すると、左向きの操作反力が増加すると共に実転舵角はさらに右側に増加する。一方、この時点からレバー 1 1 を左側に向けて操作すると、実転舵角が減少すると共に、レバー 1 1 にはセンタリング機構 2 0 からの力がアシスト力となって左向きに働く。一方、制御装置 4 の操作反力制御部 3 2 は仮想トーションバー制御の反力である目標操作反力信号 $T m s$ に応じた駆動信号 $M s$ を設定し、これに応じた操作反力モータ 1 9 の働きで操作反力がレバー 1 1 に右向きに加わる。

【 0 0 6 4 】

ここで、図 6、図 7、図 1 2、図 1 3 等を参照して、タイヤが非線形領域にあるときに転舵輪 W、W の実転舵角を中立位置方向に戻す「転舵量戻し制御」を説明する。

【 0 0 6 5 】

図 1 2 は運転者の転舵操作に対応して変化する、(a) ヨーレート、(b) ヨーレート偏差、(c) ヨーレート偏差変化率を示したタイムチャートである。具体的には、図 1 2 (a) は、規範ヨーレートと実ヨーレートが示してある。図 1 2 (b) は、両ヨーレートの偏差（ヨーレート偏差＝規範ヨーレート－実ヨーレート）が示してある。図 1 2 (c) は、ヨーレート偏差変化率（＝〔ヨーレート偏差の今回値－前回値〕／所定時間間隔）が示してある。また、図 1 2 において、右下がりの斜線が引いてある部分がアンダステア領域（U/S 領域）である。このアンダステア領域は、次の 2 つの領域に分けられる。即ち、ヨーレート偏差

の符号が「プラス」、かつ実ヨーレートの符号が「プラス」である「第1領域」と、ヨーレート偏差の符号が「マイナス」、かつ実ヨーレートの符号が「マイナス」である「第2領域」である。また、図12(c)において、左下がりの斜線が引いてある部分が転舵量戻し制御を行う制御実行領域である。

【0066】

ここで、図12(a)において、規範ヨーレートが「プラス」側にあるときは、転舵輪W、Wは中立位置よりも右側に位置する（実転舵角が右側）。また、実ヨーレートが「プラス」側にあるときは、車両挙動（車両の運動方向）が右側を向いていることを示している。ちなみに、「マイナス」側の場合は、その逆である。

【0067】

運転者は、図12では、始めに右転舵操作を行い、次に左転舵操作を行っているが、まず、右転舵操作を説明する。

運転者がレバー11を操作して右転舵操作を行うと実転舵角に基づいて規範ヨーレートが大きくなる。しかし、滑りやすい路面状態、滑りやすいタイヤ状態、滑りやすい車両のセッティング等、アンダステアを起こし易い状況である場合は、運転者がレバー11を転舵操作しても、実ヨーレートは、規範ヨーレートに比例して大きくなり、アンダステアが発生する。このときのヨーレート偏差変化率及び実ヨーレートの符号は共に「プラス」である。

【0068】

また、ヨーレート偏差の上昇場面ではヨーレート偏差変化率が大きくなり、図12(c)の第1領域に示すように、ヨーレート偏差変化率が第1所定値（プラス側の閾値）を超えて制御実行領域に入る。即ち、タイヤが非線形領域にあると判定される。この状態でさらに右転舵操作をしても、アンダステアの状態が悪化する方向に向かうだけである。

【0069】

このため、本実施形態では、図12(c)に示す制御実行領域では、制御装置4の非線形領域制御部45により転舵戻し量信号 θb が設定され、これに基づいて転舵輪W、Wが左側に転舵される（偏差量信号 Drs が「マイナス」の値にな

る)。或いは、右側への転舵が阻まれる。つまり、タイヤの非線形領域でのさらなるアンダステアを防止するために、制御装置4（非線形領域制御部45）は、運転者の意思とは乖離して転舵量 W 、 W を中立位置方向に戻したり、或いは転舵輪 W 、 W のさらなる右側への転舵を阻んだりする転舵量戻し制御を行う。

【0070】

この転舵量戻し制御を行うと、図12に白抜きの矢印で示すように、規範ヨーレートの値が小さくなり、これに応じてヨーレート偏差、ヨーレート偏差変化率も小さくなる。また、車両としては、タイヤが非線形領域から線形領域へと移行するので、アンダステアが解消される方向に向き、タイヤがグリップするようになる。

【0071】

次に、図12の左転舵操作を説明する。

図12において、第2領域はアンダステア領域である。しかし、図12(a)の規範ヨーレートのラインから判るように、運転者は、レバー11を中立位置に戻す操作を行っているので、ヨーレート偏差が0に向かっている。つまり、アンダステアが解消する方向に向かっている。このため、ヨーレート偏差変化率及び実ヨーレートの符号は前者が「プラス」で後者が「マイナス」である。つまり、両符号が異符号である。また、ヨーレート偏差変化率は第2領域において第2所定値（マイナス側の閾値）以下になることはない。よって、転舵量戻し制御は行われない。

【0072】

ただし（図示外）、運転者が第2領域で左転舵操作を大きく行うとする（レバー11を大きく左側に傾動）。そうすると、直ちにヨーレート偏差がマイナス側に拡大し（アンダステアの状態が悪化し）、ヨーレート偏差変化率もマイナス側に直ちに移行して、ヨーレート偏差変化率及び実ヨーレートの符号が共に「マイナス」になる。また、左転舵操作の程度によってはヨーレート偏差変化率が第2所定値（マイナス側の閾値）以下になる。こうなると、制御実行領域に入り、転舵量戻し制御が行われる。

【0073】

次に、図 1 3 のフローを参照して、転舵量戻し制御を行う非線形領域制御部の動作を説明する（図 1 ～図 7 を適宜参照）。図 1 3 は、転舵量戻し制御を行う非線形領域制御部の処理フローである。なお、この図 1 3 の処理フローは、請求項の「タイヤの線形領域判定プログラム」に相当する。

【 0 0 7 4 】

まず、制御装置 4 の転舵操作部 3 1 の非線形領域制御部 4 5 では、次の処理が行われる。即ち、ステップ S 1 1 では、転舵戻し量設定部 4 5 4 に転舵戻し量信号 θb の設定を指示するフラグ F の初期値を 0、ヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ の初期値を 0 に設定する。ステップ S 1 2 では、転舵角センサ 1 0 から実転舵角信号 θr と車速信号 V を入力して規範ヨーレートを演算し、規範ヨーレート信号 γs として後段に出力する。ステップ S 1 3 では、ヨーレートセンサ 2 3 から実ヨーレート γr を入力して規範ヨーレート信号 γs との偏差を演算し、ヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ として後段に出力する。ステップ S 1 4 では、ヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ の今回値と前回値との差を演算し、所定時間間隔で除してヨーレート偏差変化率を演算する。

【 0 0 7 5 】

次のステップ S 1 5 及び S 1 6 では、ヨーレート偏差変化率と実ヨーレート信号 γr の符号を比較して、異符号ならば（0）ステップ S 2 1 に移行する。共に「プラス」ならば（1）ステップ S 1 7 に移行して、ヨーレート偏差変化率が第 1 所定値以上か否かを判定し、第 1 所定値以上でない場合（no）は、ステップ S 2 1 に移行する。逆に第 1 所定値以上の場合（yes）は、ステップ S 1 9 に移行する。また、ステップ S 1 6 において、符号が共に「マイナス」ならば（2）ステップ S 1 8 に移行して、ヨーレート偏差変化率が第 2 所定値以下か否かを判定し、第 2 所定値以下でない場合（no）は、ステップ S 2 2 に移行する。逆に第 2 所定値以下の場合にはステップ S 1 9 に移行する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 9 では、タイヤが非線形領域と判定してフラグ F に 1 を設定し、後段の転舵戻し量設定部 4 5 4 に出力する。ステップ S 2 0 では、転舵戻し量設定部 4 5 4 が所定のゲインをヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ に乗じて転舵戻し量を設定

し、後段の偏差演算部 3 5 に転舵戻し量信号 θb として出力する。これにより、転舵量戻し制御が行われる。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 2 1 及びステップ S 2 2 では、フラグ F に 0 を設定して出力する。また、ステップ S 2 3 では、ヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ の今回値を前回値として次の処理の準備をする。ステップ S 2 4 では終了を判断し、終了しない場合 (yes) はステップ S 1 2 に移行する。

【 0 0 7 8 】

このように本実施形態では、規範ヨーレートと実ヨーレートを比較するので、高価なセンサや複雑なセンサ、或いは複雑なタイヤモデルによらずとも、タイヤの線形領域を判定することができる。また、本実施形態では、ヨーレート偏差変化率と実ヨーレートの符号を比較し、さらに第 1・第 2 所定値 (閾値) と比較するので、確実にタイヤの非線形領域を判定できる。また、この判定結果に基づいて、転舵量戻し制御、つまりアンダステアを解消する制御 (タイヤの線形領域を積極的に利用する制御) を確実に行える。

【 0 0 7 9 】

また、転舵量戻し制御により実転舵角が小さくなると規範ヨーレートも小さくなり、対応してヨーレート偏差も小さくなる。つまり、転舵量戻し制御というアクティブ制御の制御量 (θb) も小さくなる。このため、運転者の意思とは乖離して転舵量を戻す制御を行っても、運転者の違和感は大きくはならない。また、転舵戻し量 (θb) もヨーレート偏差に基づくものであるから、転舵量戻し制御時でも運転者の違和感は大きくはならない。あるいは、違和感を生じさせることはない。

【 0 0 8 0 】

ちなみに、ヨーレート偏差変化率が実ヨーレートと異符号である場合、また、ヨーレート偏差変化率が実ヨーレートと同符号であってもヨーレート偏差変化率が第 1・第 2 所定値の範囲内である場合は、路面が滑りやすい場合を含めて、タイヤの線形領域においてあり得る範囲と判定することができる。

【 0 0 8 1 】

その一方で、大きく実転舵角を生じさせるような状況の場合は、規範ヨーレートで用いるタイヤモデルは非線形特性を持たないことから、大きな実転舵角に応じて非常に大きな規範ヨーレートを生成（設定）する。それに対して、実際の車両では、実ヨーレートはタイヤが非線形領域になると頭打ちになるか、その発生量（増加量）が比較的小さくなる。このため、ヨーレート偏差の変化率がタイヤの線形領域のときに比べて大きく発生してしまう。

【 0 0 8 2 】

本実施形態の運転操作装置ではこの特性を考慮して、ヨーレート偏差変化率の大きさと実ヨーレートの符号を監視し、該監視結果に基づいて転舵量戻し制御というアクティブ制御を行い、実転舵角を中立位置方向に戻して（或いはさらに実転舵角が大きくなるのを阻んで）、タイヤの線形領域で運転操作できるようにした（この点は次の第2実施形態でも同じである）。従って、積極的にタイヤの線形領域で車両の運転操作を行うことができる。この際に運転者が受ける違和感も前記のとおり大きくはならない。

【 0 0 8 3 】

〔第2実施形態〕

次に、本発明に係る第2実施形態の運転操作装置を説明する。

なお、第1実施形態と共通する構成・要素については、第1実施形態での図面を参照すると共に第1実施形態と同じ符号を付して、その説明を省略することにする。

【 0 0 8 4 】

なお、第1実施形態では、ステアリングモータ5を駆動制御する転舵制御部31の側で転舵量戻し制御というアクティブ制御を行ったが、図14に示すように、この第2実施形態では、操作反力モータ19を駆動する操作反力制御部32の側で転舵量戻し制御を行う。

【 0 0 8 5 】

図14の非線形領域制御部45Aも、図7に示す第1実施形態の非線形領域制御部45と同様に、実転舵角信号 θ_r 、車速信号V及び実ヨーレート信号 γ_r を入力する。そして、図13の処理フローと同様の処理を行い、タイヤが非線形領

域にあると判定するとヨーレート偏差信号 $\Delta \gamma$ を目標操作反力設定部39に出力する。

【0086】

図14の目標操作反力設定部39は、前記した第1実施形態と同様に偏差量信号 Drs にそれぞれの係数 $K2$ （図8参照）、 $K3$ （図9参照）、 $K4$ （図10参照）、 $K5$ （図11参照）を乗じるが、本実施形態ではさらに、ヨーレート偏差量信号 $\Delta \gamma$ に基づく係数 $K\gamma (= f(\Delta \gamma))$ を乗じる。ヨーレート偏差量信号 $\Delta \gamma$ に基づく係数 $K\gamma$ は、ヨーレート偏差がプラス側に大きくなるとレバー11を右側から中立位置方向に戻す操作反力を大きく発生させ、逆に、ヨーレート偏差がマイナス側に大きくなるとレバー11を左側から中立位置方向に戻す反力を大きく発生させる。なお、操作反力により実際にレバー11を中立位置方向に戻してもよいし、中立位置から離れる方向にレバー11が動くのを防止・低減するように操作反力を発生させてもよい。

【0087】

このような操作反力モータ19による第2実施形態での転舵量戻し制御も、該転舵量戻し制御時に増加する反力はヨーレート偏差に基づくものであるから、運転者の違和感は大きくはならない。あるいは、違和感を生じさせることはない。また、タイヤの非線形領域の判定は第1実施形態と同様に行うので、第1実施形態でのタイヤの非線形領域の判定における効果がこの第2実施形態でも得られる。また、この第2実施形態でも、転舵量戻し制御により規範ヨーレートが小さくなると制御量 $(\Delta \gamma)$ も小さくなる。つまり、第1実施形態と同様に、運転者の意思とは乖離してアクティブ制御されていた制御量が自ずと小さくなるので、運転者の違和感は大きくはならない。

【0088】

以上説明した本発明は、前記の実施形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。

例えば、第1実施形態と第2実施形態とを組み合わせる実施することができる。また、符号の判定を「ヨーレート偏差変化率」と「実ヨーレート」を比較することで行ったが、図12から理解されるように、「ヨーレート偏差」と「実ヨー

レート」を比較することにより符号の判定を行ってもよい。ちなみに、「ヨーレート偏差」と「実ヨーレート」の符号が共にプラスになるのは、図12のアンダステア領域における第1領域である。一方、「ヨーレート偏差」と「実ヨーレート」の符号が共にマイナスになるのは、図12のアンダステア領域における第2領域である。このことから、「ヨーレート偏差」と「実ヨーレート」を比較することによる符号の判定によれば、アンダステア領域を確実に判定することができる。

【0089】

また、前記した実施形態では、タイヤの非線形領域を判定したが、タイヤの線形領域を判定するようにしてもよい。また、双方を判定するようにしてもよい。ちなみに、タイヤの線形領域と非線形領域は、いわば表裏一体の関係にあるので、タイヤの線形領域を判定すれば、タイヤの非線形領域を判定することにも繋がる（遷移領域或いは中間領域がないとした場合）。また、その逆に、タイヤの非線形領域を判定すれば、タイヤの線形領域を判定することにも繋がる。

また、規範ヨーレートを実転舵角（ラック位置）に基づいて演算したが、レバーの操作角や目標転舵角に基づいて演算するようにしてもよい。

また、操作反力を目標転舵角と実転舵角の偏差に基づいて発生するようにしたが、レバーの操作角に基づいて発生する操作反力にしてもよい。

【0090】

また、前記の実施形態では、ステアバイワイヤ車両を例に説明したが、タイヤの線形領域判定装置、タイヤの線形領域判定プログラム及び車両の運転操作装置）は、ステアバイワイヤではない通常の車両や電動パワーステアリング装置を搭載した車両にも適用することができる。例えば、通常の車両において、タイヤの非線形領域と判定したときにアラーム（音声、音、光、振動…）を発するようにすることができる。この際、ヨーレート偏差の大きさやヨーレート偏差変化率の大きさに応じてアラームの強度が変わるようにすることができる。もちろん、このアラームについては、ステアバイワイヤ車両に適用することもできる。また、電動パワーステアリング装置のアシストモータを、実施形態のステアリングモータのように駆動して転舵量戻し制御を行うこともできる。また、運転者の意思と

は乖離してブレーキ力を車輪ごとに発生することができるブレーキアクチュエータを備える車両の場合は、タイヤの線形領域の判定結果に基づいてブレーキ力を発生させ、アンダステアを解消するようにしてもよい。この際のブレーキ力はヨーレート偏差やヨーレート偏差変化率に応じたものにする、運転者に与える違和感を少なくできるので好ましい。つまり、タイヤの線形領域の判定結果に基づいて、被制御機器（例えばステアリングモータ、操作反力モータ、アラーム…）をアンダステア解消側・タイヤの線形領域利用側に誘導制御する場合の制御量は、ヨーレート偏差やヨーレート偏差変化率に応じたものにするのが好ましい。

【 0 0 9 1 】

また、運転者が操作する操作部を、レバー（ジョイスティック）を例に説明したが、これが通常のステアリングホイールでもよい。また、転舵操作のみをレバーで行うこととしたが、スロットル操作やブレーキ操作を同じレバーで行うようにしてもよい。また、制御装置はソフトウェア的にもハードウェア的にも構成することができる。

【 0 0 9 2 】

【発明の効果】

本発明の請求項 1 の発明によれば、一般的なセンサで、また比較的簡単にタイヤの線形領域を判定することができる。

また、請求項 2 の発明によれば、より適切にタイヤの線形領域を判定することができる。

本発明の請求項 3 の発明によれば、コンピュータを用いて確実にタイヤの線形領域を判定することができる。

【 0 0 9 3 】

また、本発明の請求項 4 及び請求項 5 の発明によれば、転舵モータ／操作反力モータを駆動することにより、タイヤの線形領域を積極的に利用した車両の走行を行うことができる等の効果が得られる。

また、請求項 6 の発明によれば、タイヤの線形領域を積極的に利用して、ステアバイワイヤ車両を適切に運転操作することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明におけるタイヤの線形領域の判定原理を説明する図である。

【図 2】 本発明の実施形態に係る運転操作装置の全体構成図である。

【図 3】 図 2 の運転操作装置における操作部の形態を示す斜視図である。

【図 4】 図 3 の操作トルクセンサの出力特性を示すグラフである。

【図 5】 図 3 の操作角センサの出力特性を示すグラフである。

【図 6】 図 2 の制御装置の機能ブロック図である。

【図 7】 図 6 の非線形領域制御部の機能ブロック図である。

【図 8】 図 6 の制御装置における仮想トーションバー制御に乘じられる定数 K_2 のマップを示す図である。

【図 9】 図 6 の制御装置における仮想トーションバー制御に乘じられる定数 K_3 のマップを示す図である。

【図 10】 図 6 の制御装置における仮想トーションバー制御に乘じられる定数 K_4 のマップを示す図である。

【図 11】 図 6 の制御装置における仮想トーションバー制御に乘じられる定数 K_5 のマップを示す図である。

【図 12】 本発明の第 1 実施形態に係る運転操作装置の、運転者の転舵操作に対応して変化する、(a) ヨーレート、(b) ヨーレート偏差、(c) ヨーレート偏差変化率を示したタイムチャートである。

【図 13】 本発明の第 1 実施形態に係る運転操作装置の、転舵量戻し制御を行う非線形領域制御部の処理フローである。

【図 14】 本発明の第 2 実施形態に係る運転操作装置の全体構成図である。

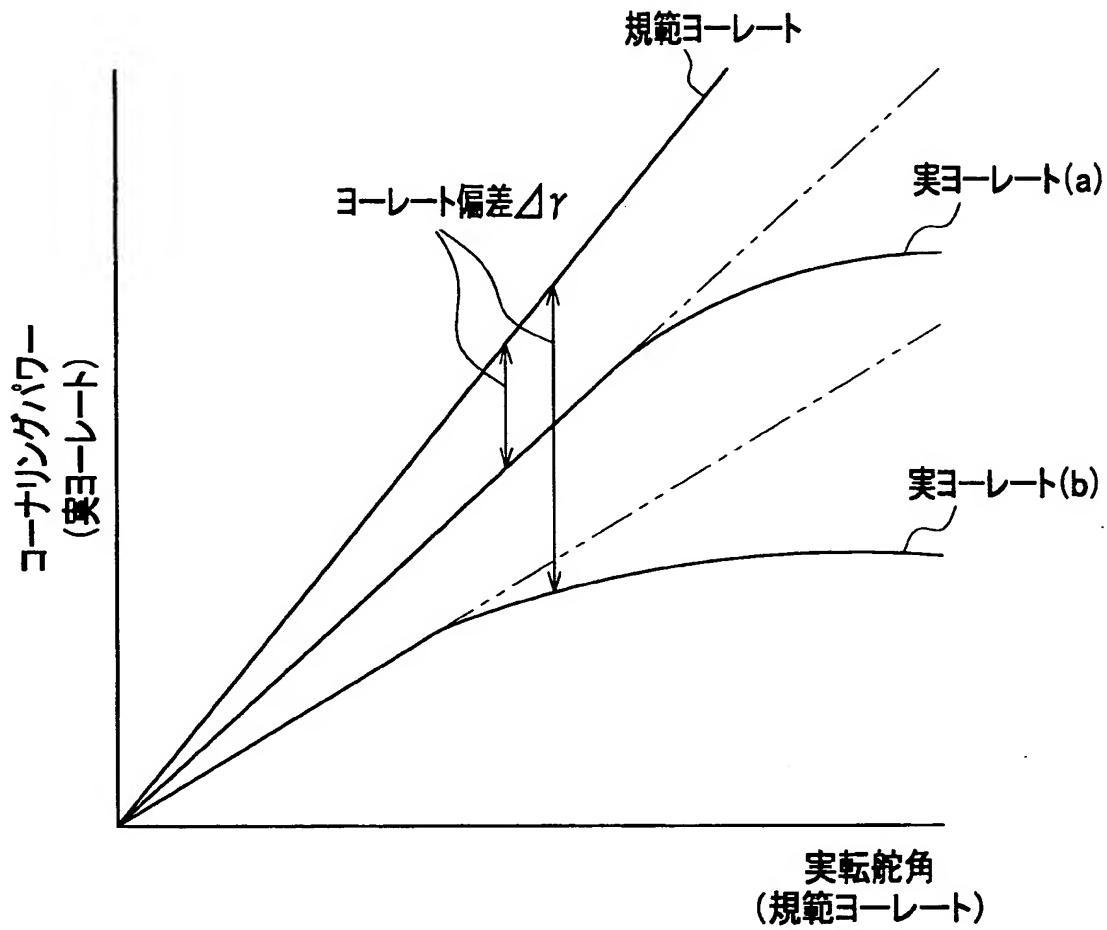
【符号の説明】

1 … 操作部、2 … 転舵機構部、4 … 制御装置、5 … ステアリングモータ、7 … ラック軸、8 … タイロット、9 … ボールねじ機構、10 … 転舵角センサ、11 … レバー、12 … 操作量検出手段、14、24 … ロッド、15 … 操作トルクセンサ、16 … 操作角センサ、17 … プーリ、18 … ベルト、19 … 操作反力モータ、20 … センタリング機構、22 … 車速センサ、31 … 転舵制御部、32 … 操作反力制御部、34 … 目標転舵角設定部、35 … 偏差演算部、36 … ステアリングモータ制御信号出力部、37 … ステアリングモータ駆動回路、38 … FF制御部、3

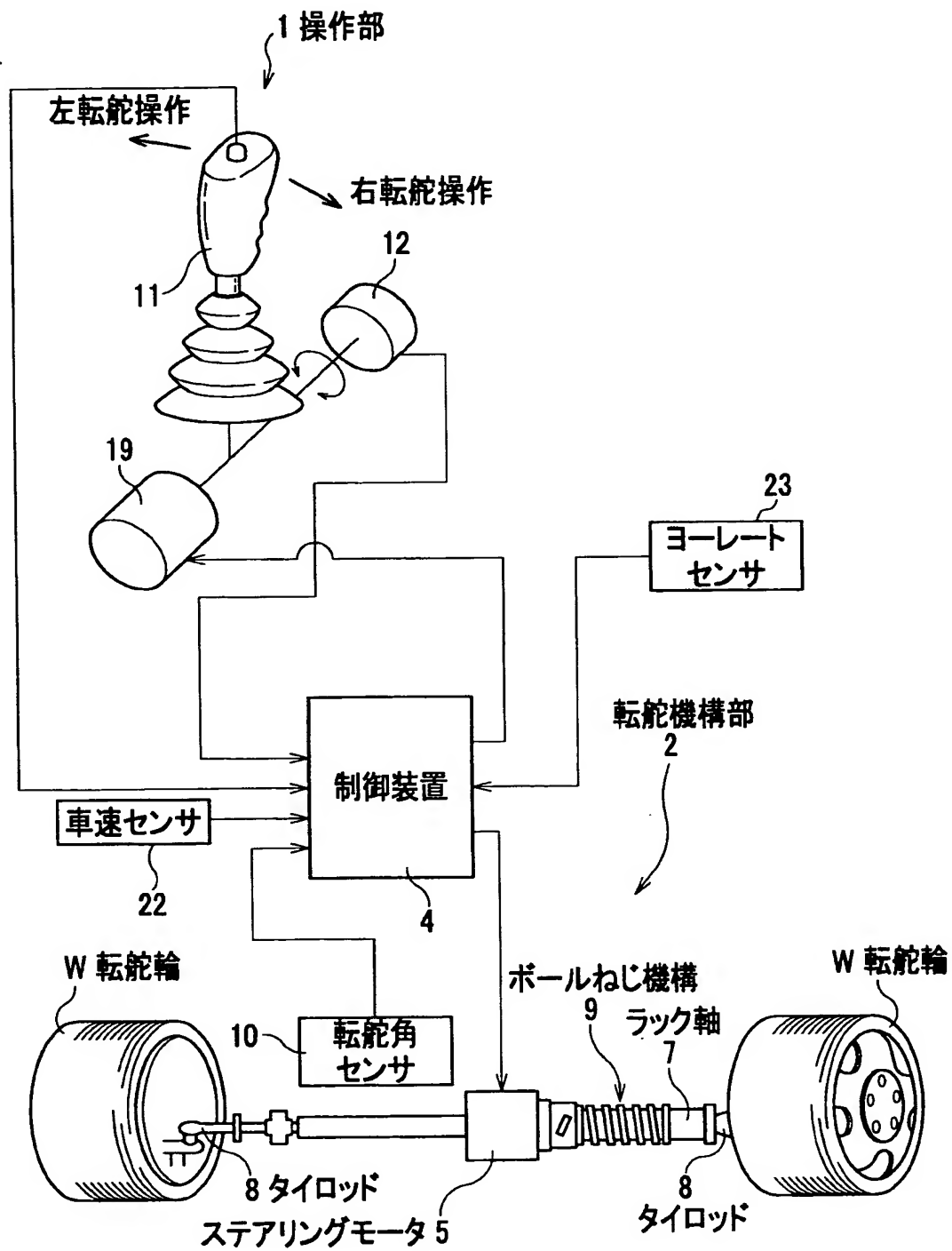
9 …目標操作反力設定部、4 0 …操作反力モータ制御信号出力部、4 1 …操作反力モータ駆動回路、4 5 …非線形領域制御部（第 1 実施形態）、4 5 A …非線形領域制御部（第 2 実施形態）

【書類名】 図面

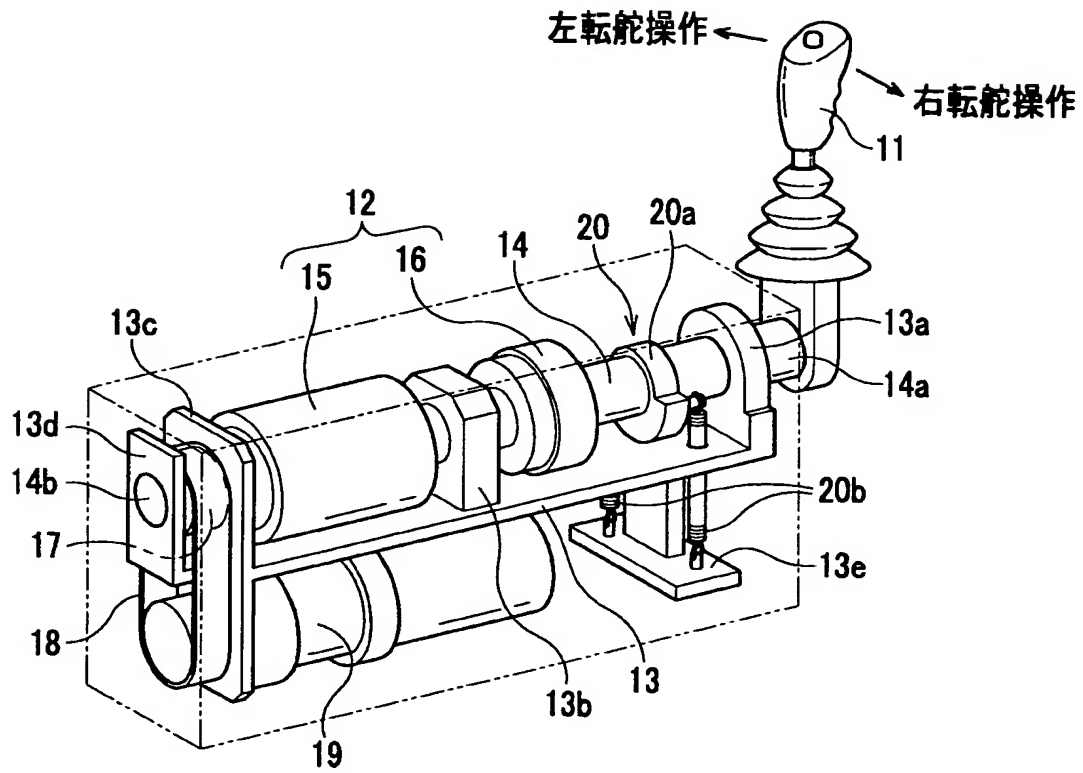
【図 1】



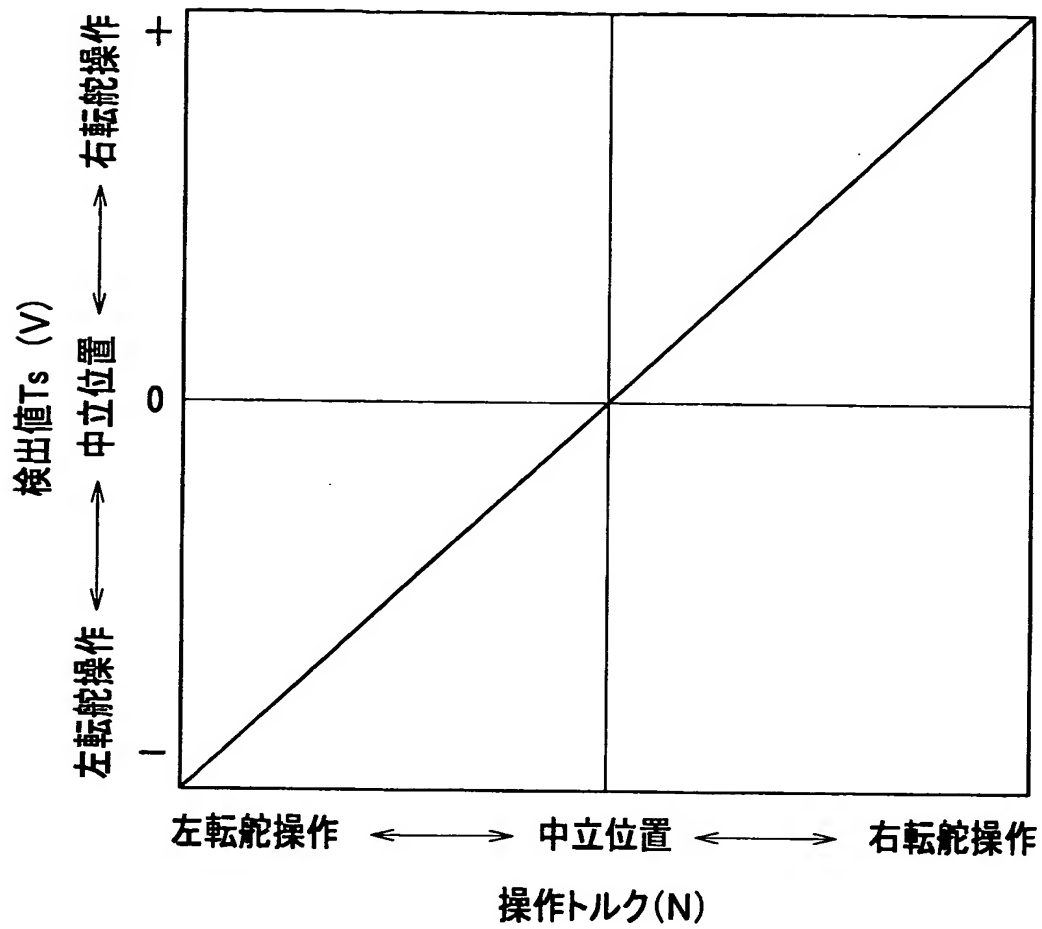
【図 2】



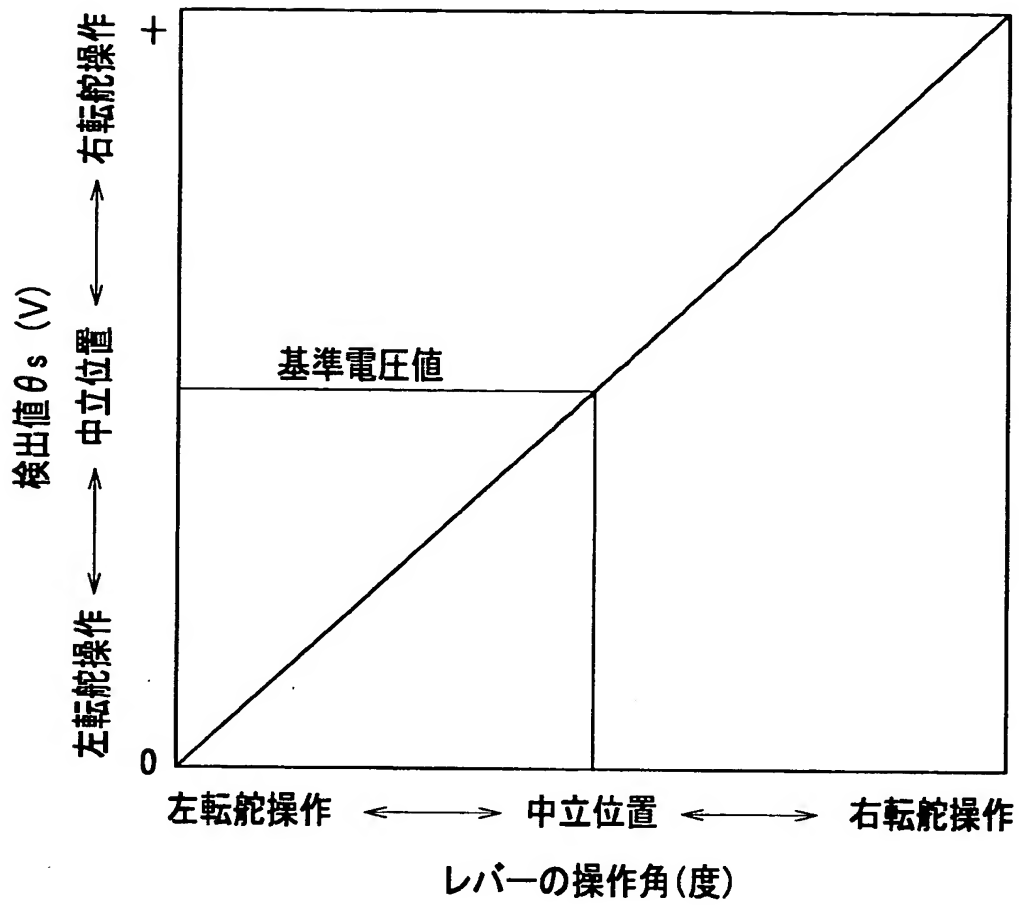
【図 3】



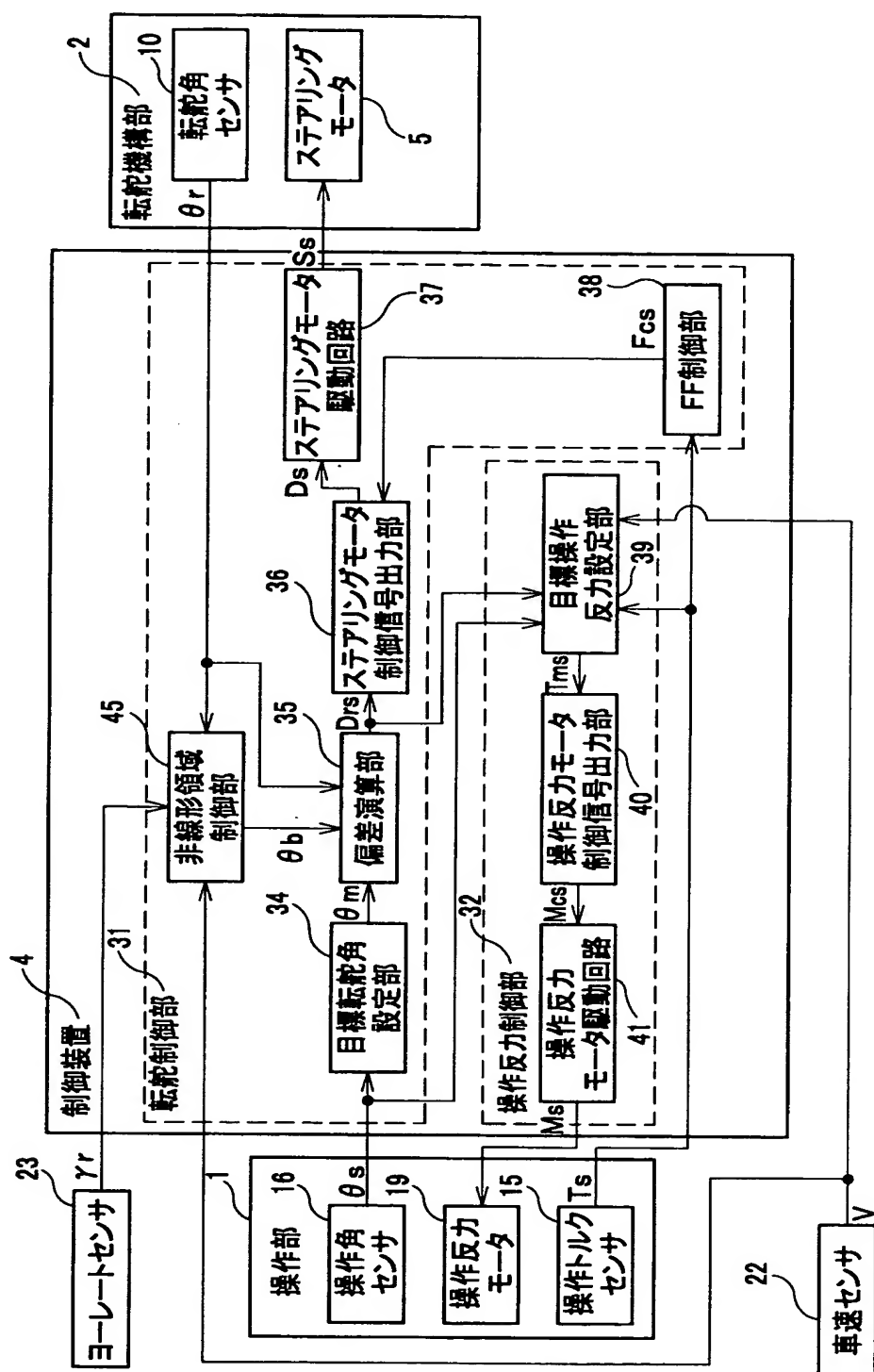
【図 4】



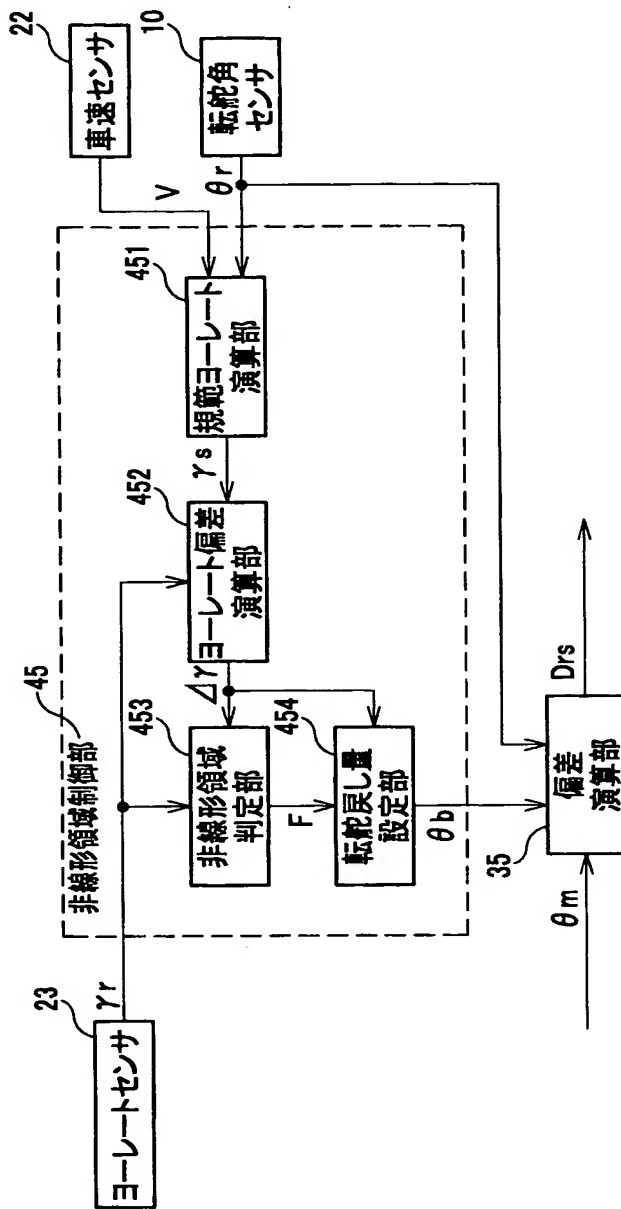
【図 5】



【図 6】

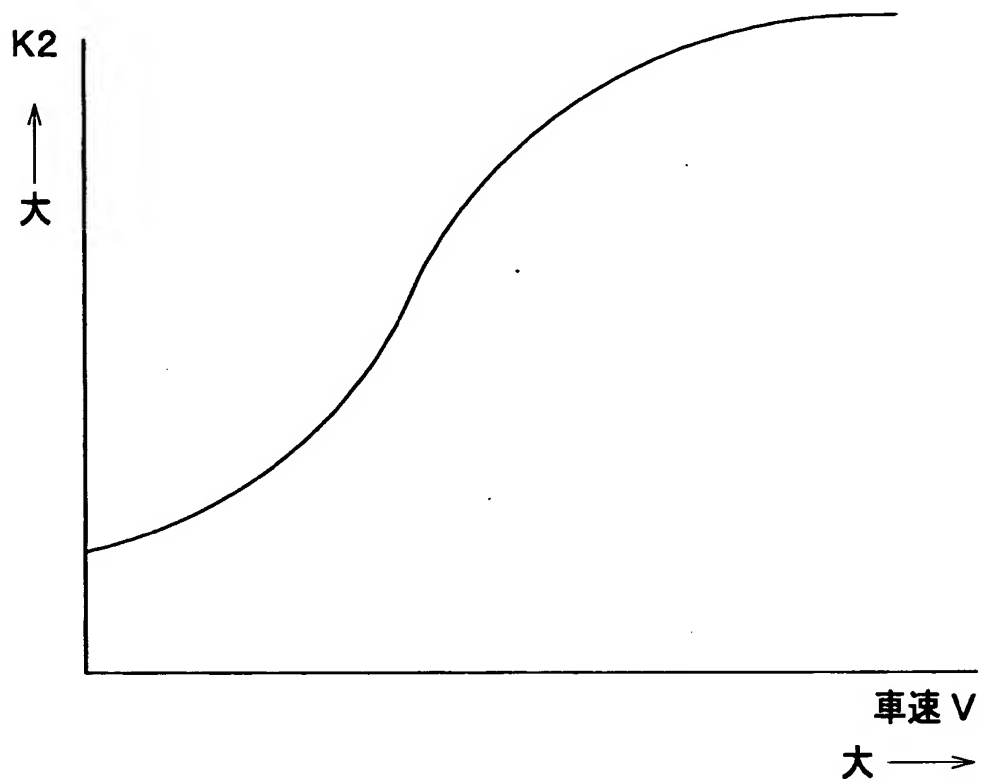


【図 7】



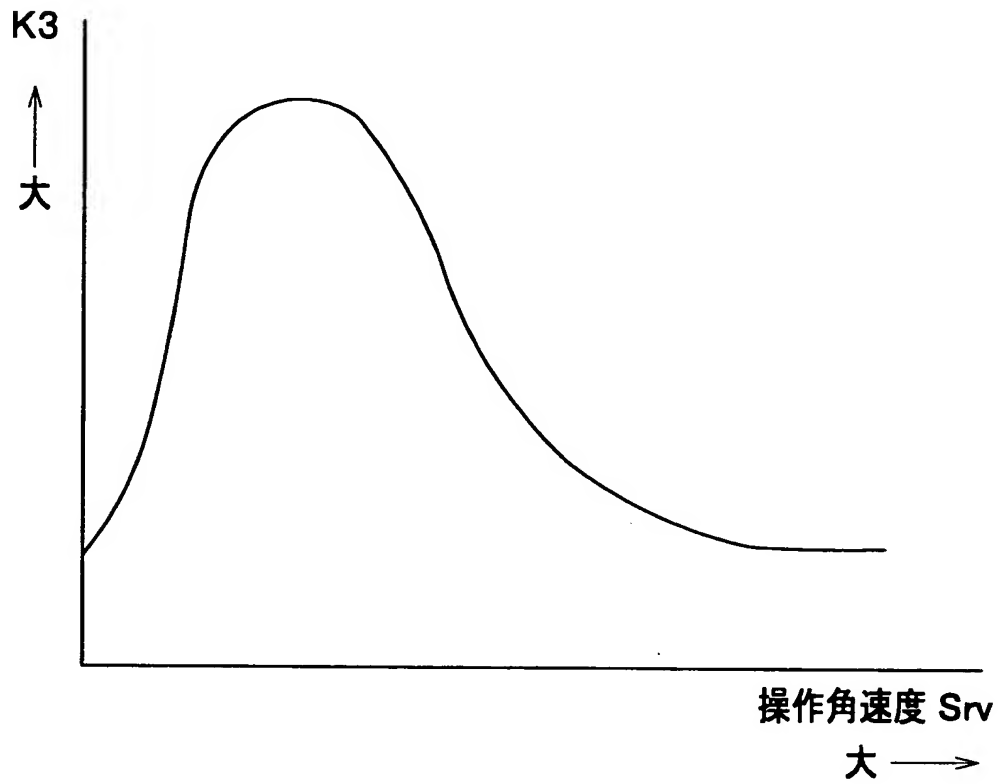
【図 8】

仮想トーションバー制御の反力に乗じられる係数K2のマップ



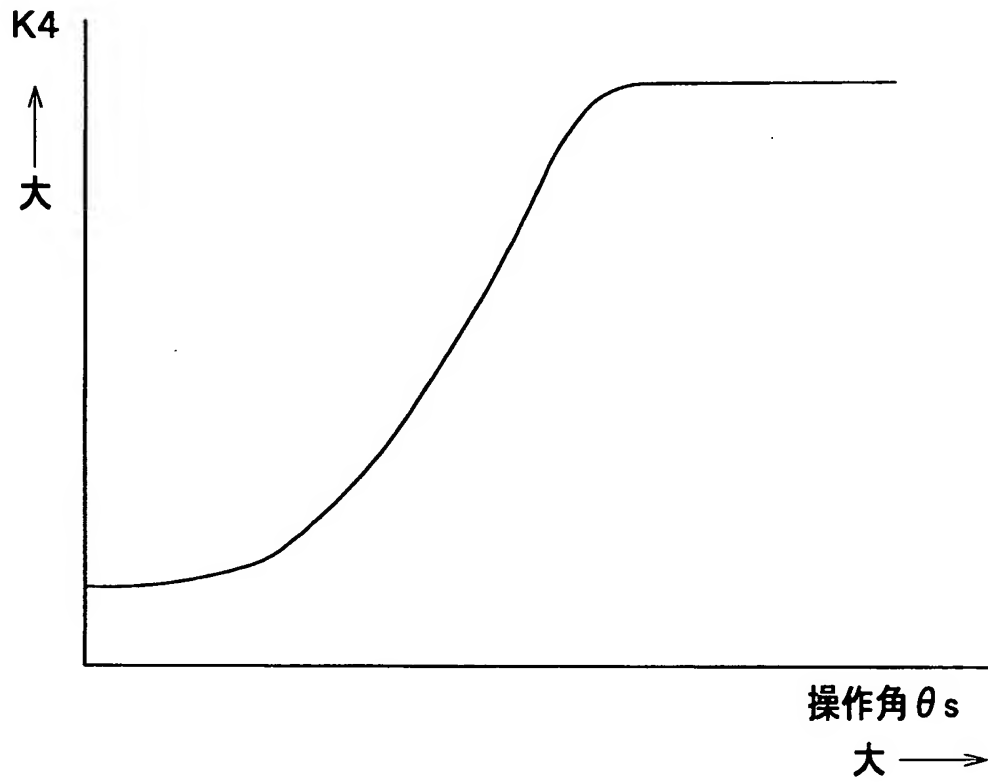
【図 9】

仮想トーシヨンバー制御の反力に乗じられる係数K3のマップ



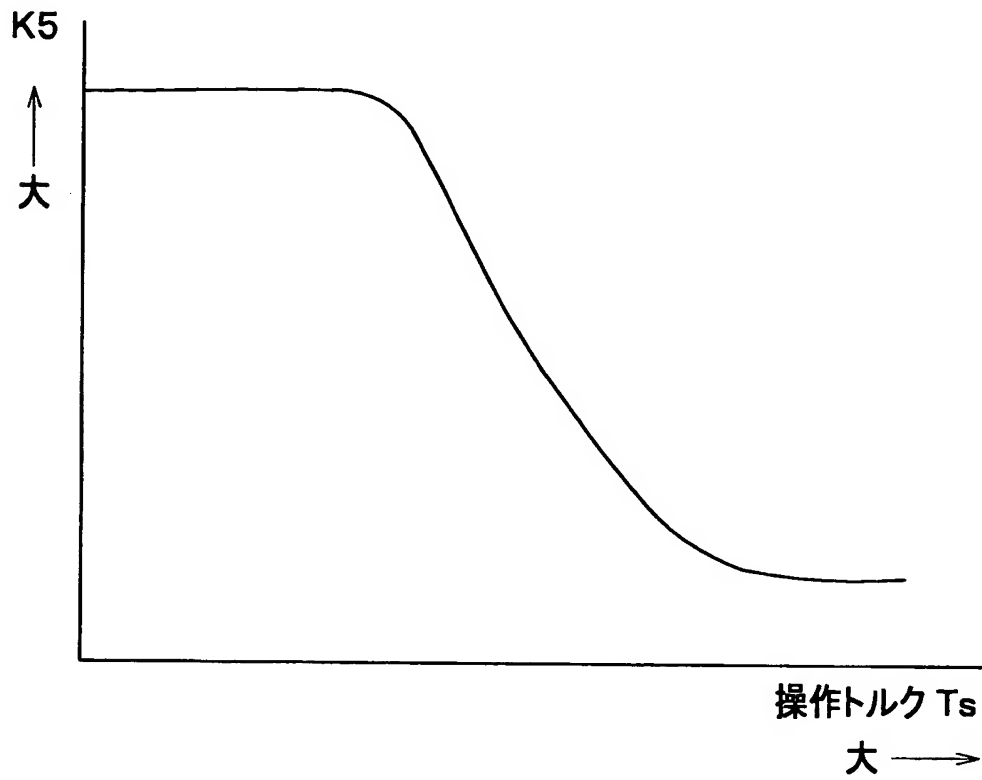
【図 1 0】

仮想トーシヨンバー制御の反力に乗じられる係数K4のマップ

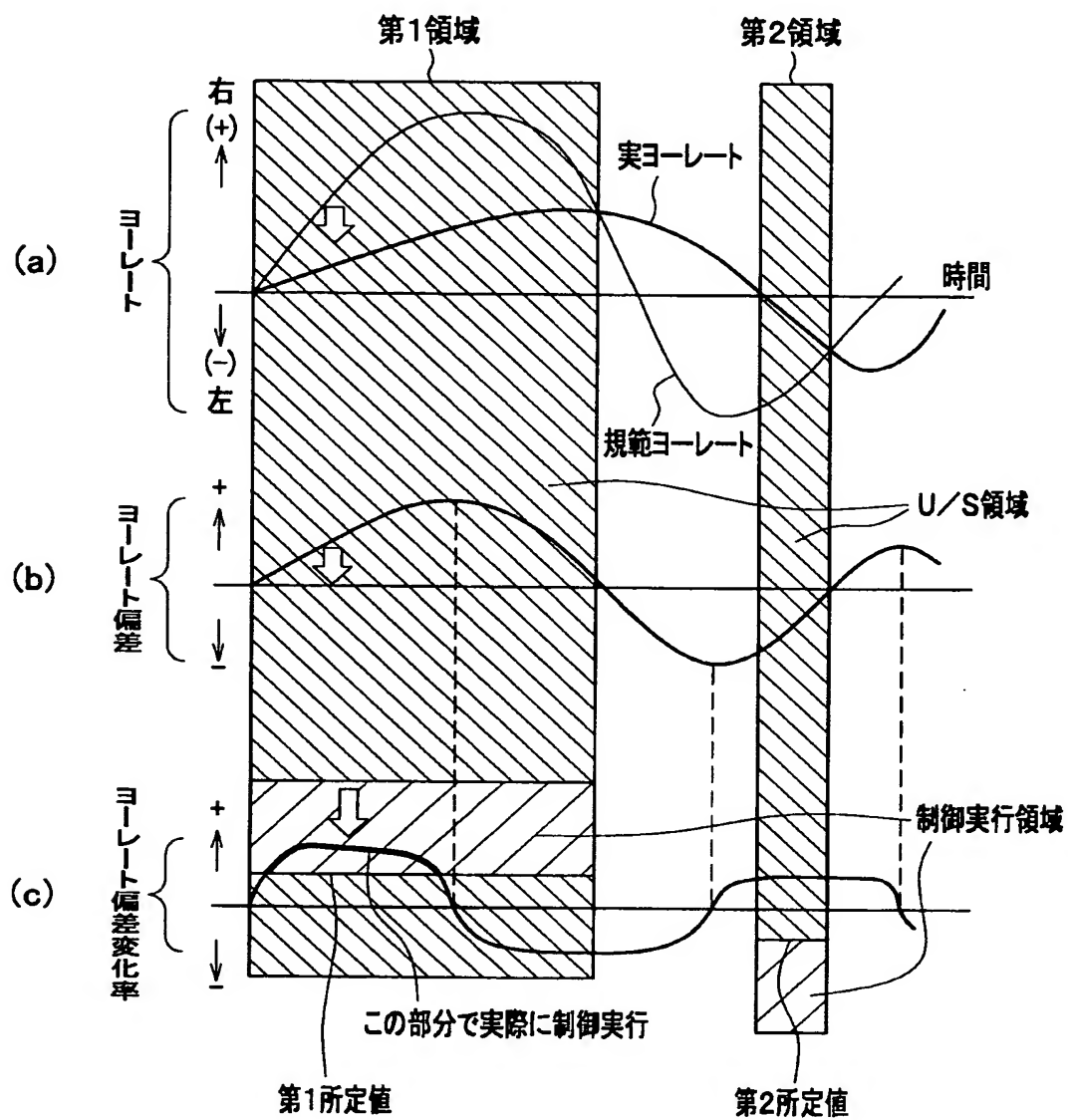


【図 1 1】

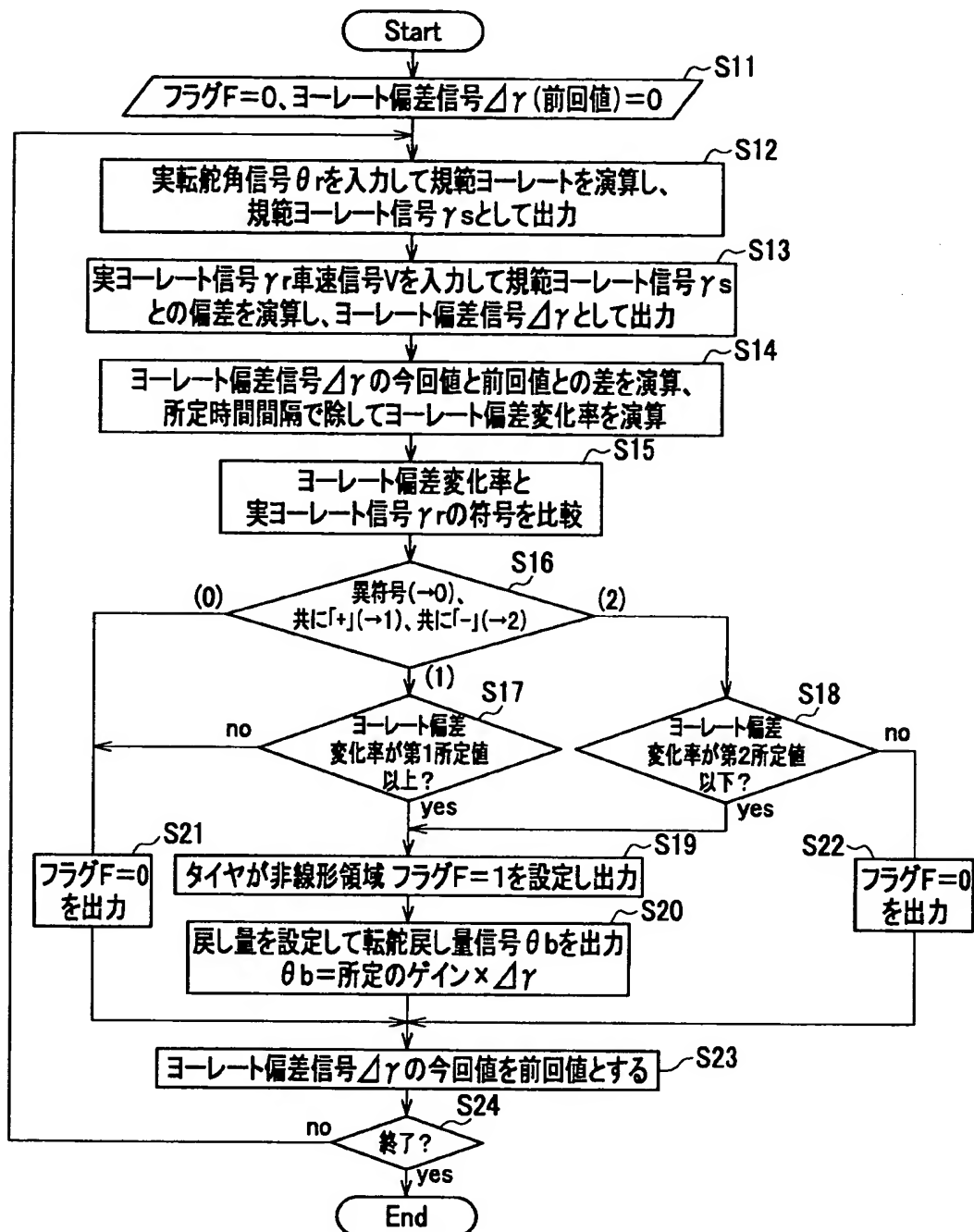
仮想トーションバー制御の反力に乗じられる係数K5のマップ



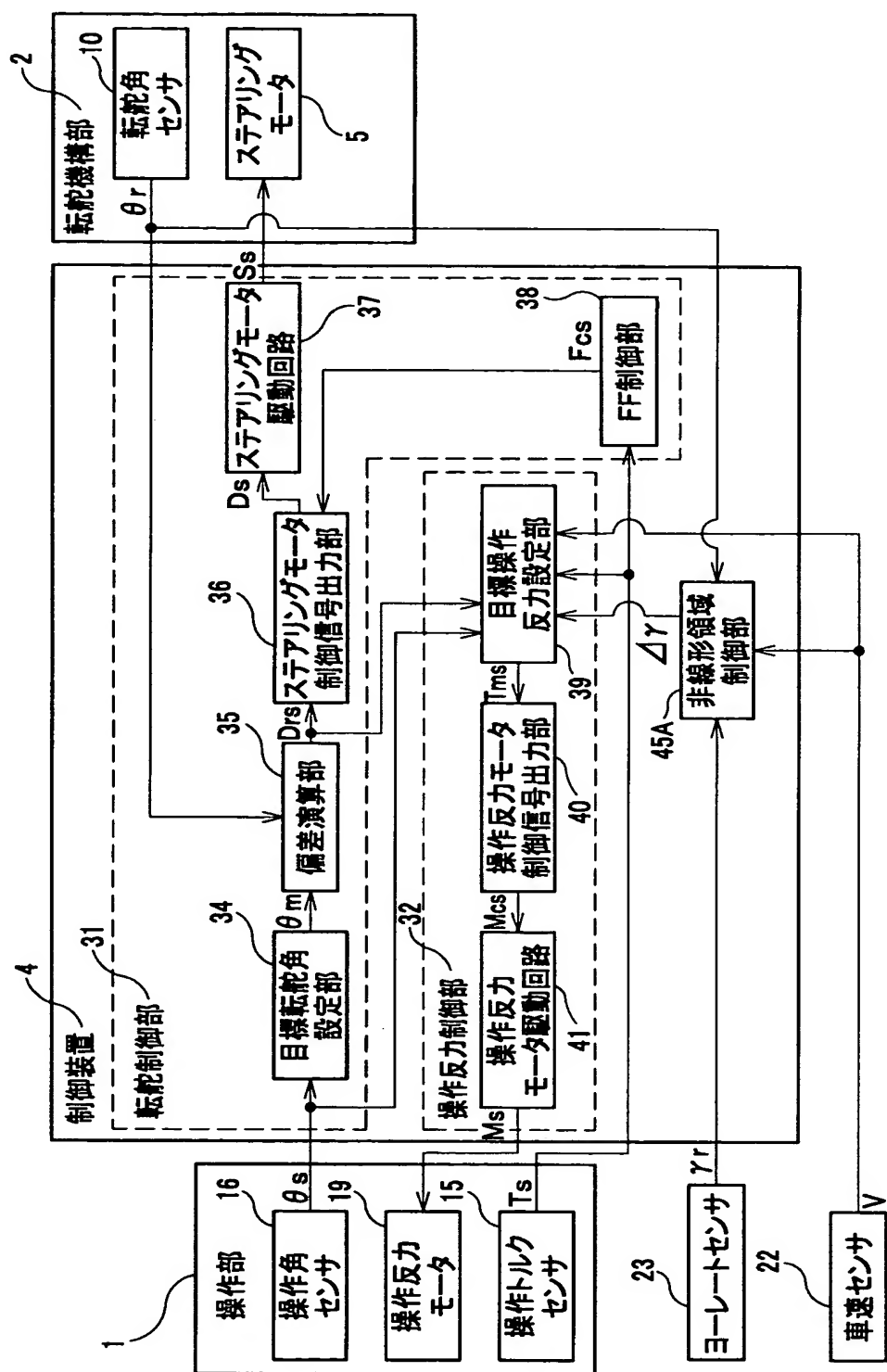
【図12】



【図 1 3】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 タイヤの状態を一般的なセンサを用いて比較的簡単に判定する。その判定結果を利用して車両を制御する。

【解決手段】 非線形領域制御部 4 5 において、転舵角センサ 1 0 が検出した転舵輪の実転舵角 θ_r から規範ヨーレートを演算し、これとヨーレートセンサ 2 3 が検出した実ヨーレート γ_r の偏差、その偏差の変化率を演算する。演算結果に基づいて走行中の車両のタイヤが非線形状態にあることを判定する。非線形領域制御部 4 5 は、非線形領域にあると判定すると、転舵輪の実転舵角 θ_r を戻す転舵戻し量制御を行う。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社